ZUR BEDEUTUNG BILDHAFTER UND VERBALER INFORMATION FÜR DIE AUSBILDUNG EINER BEWEGUNGSVORSTELLUNG

unter besonderer Berücksichtigung von
Plazierungseffekten und Lernalter

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
am
Fachbereich Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften
der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Klaus Blischke
aus Lette/Krs. Coesfeld

Berlin 1986

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549614_0031

Druck: Copy-Center in Dahlem
Ladenbergstraße 2-4
1000 Berlin 33
Tel. 831 40 25

ZUR BEDEUTUNG
BILDHAFTER UND VERBALER INFORMATION
FÜR DIE AUSBILDUNG EINER BEWEGUNGSVORSTELLUNG
unter besonderer Berücksichtigung von
Plazierungseffekten und Lernalter

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Philosophie
am
Fachbereich Erziehungs- und Unterrichtswissenschaften
der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
K l a u s B l i s c h k e
aus Lette/Krs. Coesfeld

Berlin 1986

1. Referent: Prof. Dr. Reinhard Daugs

2. Referent: Prof. Dr. Ludwig J. Issing

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Juli 1986

Experimentelle Forschung ist, zumal wenn sie technisch aufwendige Methodenentwicklung verlangt, immer nur so gut wie der Arbeitszusammenhang, in dessen Rahmen sie jeweils vonstatten geht.

So fühle auch ich mich den Mitarbeitern des Projekts "Visuomotorisches Lernen" (gefördert vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft) bei der Verwirklichung meiner Forschungsidee zu Dank verpflichtet.

Mein besonderer Dank gilt dabei Herrn Prof. Dr. Reinhard Daugs. Durch seine Projektleitung wurde diese Arbeit in ihren materiellen und institutionellen Voraussetzungen, aber auch in ihrer konzeptionellen Entwicklung erst ermöglicht. Er hat darüberhinaus in vielfältiger und kollegialer Weise für den nötigen Rückhalt bei der Durchführung und Fertigstellung meiner Forschungsarbeit gesorgt.

Daneben möchte ich vor allem die qualifizierte Unterstützung meines Kollegen Herrn Norbert Olivier und seine konstruktive Kritik in inhaltlichen und methodologischen Fragen hervorheben.

Schließlich möchte ich Frau Dr. Ulrike Rockmann-Rüger für die problemangepaßte Bereitstellung und Implementierung der von mir benutzten Statistik-Software danken, ebenso Frau Elke Wittkowski für das Layout der Tabellen und zahlreiche schreibtechnische Hilfen.

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. PROBLEMSTELLUNG 1

2. THEORETISCHE UND EXPERIMENTELLE GRUNDLAGEN 2

2.1. Zur sensomotorischen Konzeptualisierung 2

2.1.1. Konzeptualisierung als Grundvorgang zentraler Informationsverarbeitung und einsichtiger Verhaltensorganisation 2

2.1.1.1. Grundlegende Bedingungen und Funktionen der Konzeptualisierung 3

2.1.1.2. Konzeptualisierung als Mechanismus der Modalitätsintegration 5

2.1.1.3. Konzeptualisierung als Voraussetzung der Modalitätssubstitution 7

2.1.2. Konzeptualisierung als Leitgedanke theoretischer und experimenteller Analyse 8

2.1.2.1. Hinweise und Folgerungen für einen technologischen Zugriff zu Konzeptualisierungsvorgängen 8

2.1.2.1.1. Kognitiver Vorlauf durch Instruktion 8

2.1.2.1.2. Verbesserung der Lernleistung durch Modalitätsintegration 9

2.1.2.1.3. Objektivierung durch Modalitätssubstitution 9

2.1.2.1.4. Ergebnisvariabilität durch propositionale Konstruktionsspielräume 10

2.1.2.2. Überlegungen zur Operationalisierung von Bewegungsvorstellungen 11

2.1.2.2.1. Zur Ausgliederung von Teileinheiten - das Strukturierungsproblem 12

2.1.2.2.2. Zur Bezeichnung von Teileinheiten - das Denotationsproblem 19

2.1.2.2.3. Zur Reduzierung von Entscheidungsspielräumen - das Kriterienproblem 22

2.1.2.3. Zur sensomotorisch relevanten Information - Überlegungen zum Gehalt überdauernder zentraler Repräsentationen von Bewegungsvorstellungen 25

2.1.2.3.1. "Lernrelevante Information" didaktisch reformuliert als erinnerte und wiedererkannte Bedeutung 27

2.1.2.3.2. "Wiedererkennen" als Brücke zwischen "Außensicht" und "Innensicht" 28

2.1.2.3.3. Die "Topologie" der Bewegung als Äquivalenzkriterium 30

2.1.2.3.4. Ein räumliches Koordinatensystem als operative Grundlage für Informationsspeicherung und -abruf bei komplexen erlernten Bewegungen 31

2.1.2.3.5. Zum Verhältnis aktueller Selbstorganisation und zentraler Repräsentation 36

2.1.3. Zusammenfassung 43

Seite

2.2. Zum Einfluß unterschiedlicher Informationsmodalitäten auf die Gedächtnisleistung 47
2.2.1. Zu Behaltensunterschieden bei Bildern und Texten 52
2.2.2. Zur Interaktion bildlicher und sprachlicher Informationen 54
2.2.3. Zur Bedeutung der Betrachtungsreihenfolge bei der integrierten Verarbeitung bildlicher und sprachlicher Informationen 60
2.2.4. Zur Wirksamkeit bildlicher und sprachlicher Information im Rahmen mediengestützter sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse 63
2.2.5. Zusätzliche Einflußfaktoren auf die Behaltenswirksamkeit unterschiedlicher Informationsmodalitäten 73

2.3. Zur Bedeutung habitueller Blickstrategien für die visuelle Aufnahme von Bild- und Textinformationen 79
2.3.1. Zur habituellen Ausformung der Reihenfolge visueller Zuwendung zu Bild- und Textinformationen 81
2.3.2. Zum Einfluß von Habituationseffekten auf das Ausmaß visueller Zuwendung zu Bild- und Textinformationen 83
2.3.3. Die Ausnutzung habitueller Blickstrategien zur Steigerung der Gedächtnisleistung bei der Verarbeitung von Bild- und Textinformationen 87
2.3.4. Zum Stellenwert des Blickverhaltens als Prädiktor der Gedächtnisleistung bei der Verarbeitung von Bild- und Textinformationen 91
2.3.4.1. Das Kurzzeitgedächtnis als modalitätsunabhängige Einflußgröße auf die Beziehung von Blickverhalten und Gedächtnisleistung: Überlegungen zur Konstruktvalidität 91
2.3.4.2. Zur prozeßabhängigen Modifikation der Beziehung von Blickverhalten und Gedächtnisleistung: kognitiv integrierende Faktoren und Strategiewechsel als Reliabilitätsproblem 98
2.3.4.3. Ursachen und Bedeutung von Unterschieden im Blickverhalten bei der visuellen Informationsaufnahme im Sport 106
2.3.4.4. Zum Stellenwert von Blickpfadanalysen im Vergleich zu "global measures" - ein empirisches und meßmethodisches Problem 116
2.3.5. Nicht-visuelle Habituationseffekte 126

2.4. Zur Wechselwirkung von kognitiver Entwicklung und Lernmaterial bei visuomotorischen Lernprozessen 131
2.4.1. Kognitiver Entwicklungsstand und differentielle Ausnutzung unterschiedlicher Informationskomponenten beim Bewegungslernen 132
2.4.2. Zum Verhältnis von kognitiver Komplexität und Modalitätseffekten 134
2.4.3. Zum Stellenwert von Intelligenzmaßen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung 143
2.4.4. Zur Konsolidierung der visuellen Informationsaufnahme im Zuge kognitiver Entwicklung 146

Seite

3. HYPOTHESEN DER ARBEIT 151

3.1. Zum Einfluß von Informationsmodalität und Plazierungseffekten auf das Blickverhalten 158

3.2. Zum Einfluß von Informationsmodalität und Anordnungsstruktureffekten auf die sensomotorische Lernleistung 160

3.3. Zur Beziehung von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung 163

3.4. Zur Bedeutung allgemeiner Intelligenzfaktoren für die sensomotorische Lernleistung 166

4. UNTERSUCHUNGSMETHODE 167

4.1. Versuchsplan 168

4.2. Visuomotorische Lernaufgabe 171
4.2.1. Lerngegenstand 171
4.2.2. Präsentationsmaterial 180
4.2.3. Präsentationsdauer 183

4.3. Versuchspersonen 186

4.4. Datenaufnahme und -aufbereitung 187
4.4.1. Die Blickbewegungsregistrierung als Zugriff zur visuellen Informationsaufnahme 187
4.4.1.1. Zur Registrierung des Blickverhaltens 188
4.4.1.2. Zur interpretationsfähigen Aufbereitung der Rohdaten 195
4.4.2. Zur Registrierung der Bewegungsvorstellung 201
4.4.3. Zur Erfassung der Bewegungsausführung 215
4.4.4. Zur Registrierung der Kurzspeicherkapazität 222
4.4.5. Zur Datenarchivierung und weiteren statistischen Bearbeitung 224
4.4.6. Zur Problematik testtheoretischer Gütekriterien im Rahmen der vorliegenden Untersuchung 234

4.5. Versuchsablauf 237

5. ERGEBNISSE UND DISKUSSION 240

5.1. Zum Einfluß bildhafter und verbaler Information und ihrer Plazierung auf das Blickverhalten 241

5.2. Zur Abhängigkeit der sensomotorischen Lernleistung von der Verwendung bildhafter bzw. verbaler Information und von der Kodierungskomplexität 280

Seite

5.3. Zur Beziehung von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung 301

5.3.1. Qualitative Merkmale des Blickverhaltens und sensomotorische Lernleistung 302

5.3.2. Quantitative Merkmale des Blickverhaltens und sensomotorische Lernleistung 316

5.4. Zum Stellenwert der Kurzzeitspeicherkapazität für das sensomotorische Lernen 343

5.5. Datenspezifische und meßmethodische Randbedingungen der statistischen Analyse 355

5.5.1. Zur datenspezifischen Charakterisierung der Personenstichproben 355

5.5.2. Zur Validität des Bildkartenauswahltests BKAT 363

5.5.3. Zur Auswertungsobjektivität bei Realisierungstest und Blickbewegungsregistrierung 367

5.5.4. Zur Linearitätsvoraussetzung der Korrelationsberechnungen 371

5.5.5. Zu einigen meßmethodischen Fehlerquellen der Blickbewegungsregistrierung 374

5.6. Zusatzexperimente 376

6. Z U S A M M E N F A S S U N G 387

LITERATURVERZEICHNIS 399

LEBENSLAUF 429

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

		Seite
Abb. 1:	Visuomotorischer Informationsumsatz und Schema des methodischen Zugriffs	167
Abb. 2:	Versuchsplan mit Präsentationsbedingungen, Altersgruppen und Lernschrittabfolge	170
Abb. 3:	Lerngegenstand "Große Körperwelle vorwärts"; Darstellung des Bewegungsablaufs im Reihenbild von links nach rechts verlaufend	172
Abb. 4:	"Große Körperwelle vorwärts", Teilbewegungen und Lernzielstruktur	174
Abb. 5:	Fehlerverzweigter, algorithmisch strukturierter Lehrweg auf Lernkartenbasis zum Erlernen der "Großen Körperwelle" (BIRKHOLZ 1981, S. 38, S. 48)	175
Abb. 6a:	"Große Körperwelle vorwärts", programmschrittbezogene korrekturrelevante Bewegungsbeschreibung (s. BIRKHOLZ 1981, S. 45f)	178
Abb. 6b:	"Große Körperwelle vorwärts", Fehlerkatalog und Beobachtungskriterien zum Lernkartensystem "Große Körperwelle" (BIRKHOLZ 1981, S. 38, S. 47)	179
Abb. 7:	Exemplarische Wiedergabe des Präsentationsmaterials	181
Abb. 8:	Kodierung der Lehrinformation in 4 Präsentationsformen gleichen pragmatischen Gehalts	182
Abb. 9:	Elemente und Struktur der Anlage zur Blickbewegungsregistrierung	190
Abb. 10:	Daten-Urliste (Ausschnitt) von einer Meßaufnahme zur Registrierung des Blickverhaltens einer Versuchsperson	193
Abb. 11:	Räumliche Zuordnung von Fixationen	194
Abb. 12:	Räumlich-zeitliche Struktur des Fixationsmusters, korrespondierend zu Abb. 11	194
Abb. 13:	Versuchsperson bei Bearbeitung des Bildkartenauswahltests	205
Abb. 14a:	Bildkartenmaterial zu BKAT I	206

UNIV. LEIPZIG

		Seite
Abb. 14b:	Bildkartenmaterial zu BKAT II	207
Abb. 15:	Entsprechung von Bildkartenauswahl (BKAT) und Bewegungsausführung (RT) Realisierungsdarstellung vom Film abgenommen (ausgewählte Einzelbilder; vgl. ZINKE 1982, S. 73f)	218
Abb. 16:	Realisierungstest: Beurteilungskriterien für die Realisierung der einzelnen Teilbewegungen sowie zugehörige Fehlergewichte	220
Abb. 17:	Personenbogen zum KZS-Test (Buchstabenlesen = Zuflußgeschwindigkeit; Zeichen-Nachsprechen = Gegenwartsdauer)	223
Abb. 18:	Personenbogen mit allen zur weiteren Verrechnung erforderlichen Grunddaten	226
Abb. 19:	Schema des Versuchsablaufs	238
Abb. 20:	Visueller Erstkontakt (0.5 sec Betrachtungszeit) auf Bild bzw. Text	242
Abb. 21:	Betrachtungskomplexität (bimodale versus unimodale Betrachtungsweise)	247
Abb. 22:	Betrachtungsabfolge von Bild und Text (mind. jeweils 1 sec Betrachtungszeit)	251
Abb. 23:	Ausmaß visueller Zuwendung (Fixationszeit) zu Bild und Text (alle Vpn)	259
Abb. 24:	Ausmaß visueller Zuwendung (Fixationszeit) zu Bild und Text (nur bimodale Betrachter)	270
Abb. 25:	Modalitätsbezogene Fixationshäufigkeit (nur bimodale Betrachter)	272
Abb. 26:	Modalitätsbezogene Fixationsdauer (nur bimodale Betrachter)	275
Abb. 27:	Treatmentbezogene sensomotorische Lernleistung (alle Vpn) bei sofortiger Abfrage	285
Abb. 28a:	Typische Blickwechselstrategien, einmaliger Modalitätswechsel	311
Abb. 28b:	Typische Blickwechselstrategien, zweimaliger Modalitätswechsel	312
Abb. 28c:	Typische Blickwechselstrategien, mehrmaliger Modalitätswechsel	313

Seite

Abb. 29: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Erwachsene, LA I) 345

Abb. 30: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Erwachsene, LA II) 346

Abb. 31: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Kinder, LA I) 347

Abb. 32: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Kinder, LA II) 348

Abb. 33: Korrelation von Realisierungstest- und Bildkartenauswahltestergebnissen bei Erwachsenen; Treatmentstufen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt, alle Vpn 365

Abb. 34: Korrelation von Realisierungstest- und Bildkartenauswahltestergebnissen bei Kindern; Treatmentstufen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt, alle Vpn 365

Abb. 35: Treatmentbezogene sensomotorische Lernleistung bei verzögerter Abfrage (10minütiges Behaltensintervall) 384

Abb. 36: Tabellarische Übersicht der Arbeitshypothesen und ihres jeweiligen Bestätigungsgrades 393

VERZEICHNIS DER TABELLEN

		Seite
TABELLE 1:	Erstkontakt - Erwachsene	243
TABELLE 2:	Erstkontakt - Kinder	244
TABELLE 3:	Betrachtungskomplexität - Erwachsene	248
TABELLE 4:	Betrachtungskomplexität - Kinder	249
TABELLE 5:	Betrachtungsabfolge - Erwachsene	252
TABELLE 6:	Betrachtungsabfolge - Kinder	253
TABELLE 7:	Quantitative Blickverhaltens-Merkmale Erwachsene (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)	255
TABELLE 8:	Quantitative Blickverhaltens-Merkmale Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)	256
TABELLE 9:	Quantitative Blickverhaltens-Merkmale Erwachsene (nur Versuchspersonen mit bimodaler Betrachtungsstrategie)	257
TABELLE 10:	Quantitative Blickverhaltens-Merkmale Kinder (nur Versuchspersonen mit bimodaler Betrachtungsstrategie)	257
TABELLE 11:	4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische visuelle Zuwendung (Fixationszeit), Erwachsene und Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)	260
TABELLE 12:	Prozentuale Verteilung der insgesamt auf Bild und Text zusammen entfallenden Fixationszeit auf die obere bzw. die untere Vorlagenhälfte (* ohne OI-Fixationen)	263
TABELLE 13:	Prozentualer Anteil visueller Zuwendung zu unterschiedlichen Vorlagenbereichen, nach Lernalter differenziert * über alle Meßfälle in beiden Lernaufgaben gemittelt, Vpn unter beiden bimodalen Präsentationsbedingungen zusammengefaßt; (*)ohne OI-Fixationen	264
TABELLE 14:	3-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsübergreifende Blickdichte (Fixationshäufigkeit), Erwachsene und Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)	266

Seite

TABELLE 15: 3-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsübergreifende Blickdichte (Fixationsdauer), Erwachsene und Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie) 267

TABELLE 16: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische visuelle Zuwendung (Fixationszeit), Erwachsene und Kinder (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 271

TABELLE 17: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische Blickdichte (Fixationshäufigkeit), Erwachsene und Kinder (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 273

TABELLE 18: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische Blickdichte (Fixationsdauer), Erwachsene und Kinder (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 276

TABELLE 19: Lernleistung Erwachsene in Abhängigkeit von der Präsentationsform 281

TABELLE 20: Lernleistung Kinder in Abhängigkeit von der Präsentationsform 281

TABELLE 21: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Kognitive Repräsentanz Lernaufgabe I), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung 282

TABELLE 22: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Kognitive Repräsentanz Lernaufgabe II), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung 283

TABELLE 23: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Bewegungsausführung Lernaufgabe I), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung 286

TABELLE 24: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Bewegungsausführung Lernaufgabe II), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung 287

TABELLE 25: Kontraste (Kinder): Unterschiedsprüfung der unter verschiedenen Präsentationsbedingungen in der ersten bzw. in der zweiten Lernaufgabe erzielten Realisierungstest-Leistung nach dem U-Test (parameterfreies Prüfverfahren) 289

Seite

TABELLE 26: Kontraste (Kinder): Unterschiedsprüfung der unter verschiedenen Präsentationsbedingungen in der ersten bzw. in der zweiten Lernaufgabe erzielten Realisierungstest-Leistung nach dem **t-Test** (parametrisches Prüfverfahren) 290

TABELLE 27: Ausgewählte Einzelvergleiche zur varianzanalytischen Prüfung von Unterschieden in der RT-Leistung (vgl. Tab. 23 und Tab. 24) nach dem generellen Ansatz des Scheffé-Tests für ungleich grosse Stichproben (B/T = $Bild/_{Text}$; T/B = $Text/_{Bild}$; NB = Nur Bild; NT = Nur Text) 291

TABELLE 28: Differenzentabelle für Paarvergleiche der RT-Mittelwerte zur ersten Lernaufgabe, Erwachsene & Kinder (vgl. Tab. 23) nach dem Scheffé-Test für ungleiche Stichprobengrößen (bei $|D| > Diff_{crit}$ Zurückweisung von H_o) 293

TABELLE 29: Differenzentabelle für Paarvergleiche der RT-Mittelwerte zur zweiten Lernaufgabe, Erwachsene & Kinder (vgl. Tab. 24) nach dem Scheffé-Test für ungleiche Stichprobengrößen (bei $|D| > Diff_{crit}$ Zurückweisung von H_o) 294

TABELLE 30: Korrelationen von BKAT- und RT-Leistung; Erwachsene und Kinder 299

TABELLE 31: Lernleistung **Erwachsene** in Abhängigkeit vom Erstkontakt (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) 304

TABELLE 32: Lernleistung **Kinder** in Abhängigkeit vom Erstkontakt (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) 304

TABELLE 33: Lernleistung **Erwachsene** in Abhängigkeit von der Erstbetrachtung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) 305

TABELLE 34: Lernleistung **Kinder** in Abhängigkeit von der Erstbetrachtung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) 305

TABELLE 35: Lernleistung **Erwachsene** in Abhängigkeit von der Betrachtungskomplexität (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) (signifikante Unterschiede in der zentralen Tendenz bei zweiseitiger -*- bzw. einseitiger -(*)- Fragestellung) 307

Seite

TABELLE 36: Lernleistung **Kinder** in Abhängigkeit von der Betrachtungskomplexität (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) (signifikante Unterschiede in der zentralen Tendenz bei zweiseitiger -*- bzw. einseitiger -(*)- Fragestellung) 307

TABELLE 37: Blickwechselstrategien: Unterschiedliche Häufigkeit von Modalitätswechseln und entsprechende durchschnittliche RealisierungstestLeistung bei Erwachsenen und Kindern in der ersten und zweiten Lernaufgabe (mind. 0.5 sec Betrachtungszeit je Modalität nach jedem Wechsel; nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 315

TABELLE 38: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität) 318

TABELLE 39: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität) 319

TABELLE 40: Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität) 320

TABELLE 41: Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität) 321

TABELLE 42: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 322

TABELLE 43: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 323

TABELLE 44: Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 324

TABELLE 45: Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie) 325

Seite

TABELLE 46: Ergebnisse der schrittweisen multiplen Korrelation, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" in jeder der beiden Altersgruppen zusammengefaßt, jeweils Vpn mit bimodaler **und** unimodaler Betrachtungsstrategie 328

TABELLE 47: Ergebnisse der schrittweisen multiplen Korrelation, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" in jeder der beiden Altersgruppen zusammengefaßt, jeweils **nur** Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie 330

TABELLE 48: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die Realisierungstest-Leistung bei Erwachsenen **ohne** Berücksichtigung der lernaufgabenspezifischen BKAT-Leistung als Korrelat der jeweils **aktuellen** Bewegungsvorstellung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt; Signifikanzniveau: ** = 99%; * = 95%; + = 90%) 334

TABELLE 49: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die Realisierungstest-Leistung bei Kindern **ohne** Berücksichtigung der lernaufgabenspezifischen BKAT-Leistung als Korrelat der jeweils **aktuellen** Bewegungsvorstellung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt; Signifikanzniveau: ** = 99%; * = 95%) 335

TABELLE 50: Aufklärbare Kriteriumsvarianzen bzgl. der sensomotorischen Lernleistung (Realisierungstest) 336

TABELLE 51: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die BKAT-Leistung bei **Erwachsenen** (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) (gewählt wurde jeweils die größtmögliche Prädiktorenanzahl, die noch zu einem signifikanten mult.r führt) 340

TABELLE 52: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die BKAT-Leistung bei **Kindern** (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) (gewählt wurde jeweils die größtmögliche Prädiktorenanzahl, die noch zu einem signifikanten mult.r führt) 341

TABELLE 53: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"** 351

TABELLE 54: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"** 351

TABELLE 55: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"** 352

		Seite
TABELLE 56:	Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**	352
TABELLE 57:	Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"**	353
TABELLE 58:	Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"**	353
TABELLE 59:	Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**	354
TABELLE 60:	Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**	354
TABELLE 61:	Ergebnisse der Prüfung auf Vorliegen von Normalverteilungen (alle Präsentationsbedingungen); angegeben sind interpolierte Überschreitungswahrscheinlichkeiten	357
TABELLE 62:	Mittelwerte und Streuungen (in Klammern) der auf Normalverteilung überprüften Teilstichproben (alle Präsentationsbedingungen)	358
TABELLE 63:	Ergebnisse der Prüfung auf Vorliegen von Normalverteilungen (nur bimodale Präsentationsbedingungen); angegeben sind interpolierte Überschreitungswahrscheinlichkeiten	360
TABELLE 64:	Mittelwerte und Streuungen der auf Normalverteilung überprüften Teilstichproben (nur bimodale Präsentationsbedingungen und nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)	361
TABELLE 65:	Korrelationstabelle zur Abschätzung der Auswertungsobjektivität von Realisierungstest und Blickbewegungsregistrierung	369
TABELLE 66:	Zusatzexperiment I: Lernleistung Erwachsene in Abhängigkeit von der Präsentationsform; Testabfolge **RT - BKAT**	379
TABELLE 67:	Zusatzexperiment II: Lernleistung Erwachsene in Abhängigkeit von der Präsentationsform; Präsentationsdauer **16.5 sec**	379
TABELLE 68:	Zusatzexperiment III: Lernleistung Erwachsene nach 10minütiger motorischer Interferenzaufgabe	385

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

AL	Alter
B/T	Bild/Text-Anordnung des Präsentationsmaterials
BBR	Blickbewegungsregistrierung
BKAT	Bildkartenauswahltest
C_K	Zuflußgeschwindigkeit zum KZS
CR	Cornea Reflex
EVM	Eye View Monitor
FD	Fixationsdauer
FD_B	mittlere Fixationsdauer der auf die Bildkomponente entfallenden Fixationen
FD_T	mittlere Fixationsdauer der auf die Textkomponente entfallenden Fixationen
FH	Fixationshäufigkeit
FZ	Fixationszeit
FZ_B	Fixationszeit auf Bildkomponente des Präsentationsmaterials
FZ_T	Fixationszeit auf Textkomponente des Präsentationsmaterials
Hz	Hertz
K	Kurzzeitspeicher-Kapazität
KAI	Kurztest für Allgemeine Intelligenz
KZS	Kurzzeitspeicher
LA	Lernaufgabe
mult.r	Maßkorrelationskoeffizient als Ergebnis einer multiplen Korrelationsberechnung

NB	Nur-Bild-Version der Lehrinformation
NT	Nur-Text-Version der Lehrinformation
r	Maßkorrelationskoeffizient
R	Rangkorrelationskoeffizient
RFSK	Regressionsfaktorstrukturkoeffizient
RT	Realisierungstest
s	Standardabweichung
T	Gegenwartsdauer
T/B	Text/Bild-Anordnung des Präsentationsmaterials
Vp	Versuchsperson
Vpn	Versuchspersonen
$\bar{x}$	arithmetischer Mittelwert
ZNS	Zentralnervensystem

1. Problemstellung

Bilder und Texte finden als Instruktionsformen bei Prozessen des Bewegungsneulernens im Sport breite Verwendung. Über ihre jeweilige Bedeutung für eine sensomotorische Konzeptbildung gibt es jedoch nur wenig zuverlässige Information (vgl. DAUGS/BLISCHKE 1983).

So ist es für den Einsatz und die Konstruktion entsprechender sensomotorischer Lehrmedien von Interesse, genauere Anhaltspunkte für eine oft vermutete, altersabhängige Verschiebung in der Attraktivität sowie in der Lernwirksamkeit von Bild- und Textinformation zu gewinnen. Weiter interessieren mögliche lernleistungssteigernde Effekte bei der Verarbeitung ikonisch bzw. digital codierter Information (z.B. Bild bzw. Text) gleichen pragmatischen Gehalts, sofern Bild und Text in entsprechender zeitlicher Abfolge dargeboten bzw. betrachtet werden. Unter dem Gesichtspunkt der Mediengestaltung wären in diesem Zusammenhang Plazierungseffekte und Einflüsse habituellen Blickverhaltens abzuklären. Erst die Blickbewegungsregistrierung ermöglicht hierzu geeignete Einblicke in den visuomotorischen Informationsumsatz.

In einer Untersuchungsreihe an 100 Kindern und insgesamt 243 Erwachsenen wurde versucht, unter Einbeziehung der Blickbewegungsregistrierung einen experimentellen Zugang zu dem skizzierten Problemfeld zu finden. In einer Hauptuntersuchung und insgesamt drei Folgeexperimenten wurde dabei exemplarisch ein Forschungsansatz konkretisiert, der an den relevanten Eingriffstellen einen methodischen Zugriff zum visuomotorischen Informationsumsatz ermöglicht. Dies sind das Blickverhalten, die kognitiv repräsentierte Bewegungsvorstellung und die sensomotorische Realisierung.

Die vorliegende Arbeit enthält die hierzu notwendige Aufarbeitung der entsprechenden theoretischen Grundlagen (vgl. 2.), deren Überführung in problembezogene Arbeitshypothesen (vgl. 3.), die Beschreibung der experimentellen Vorgehensweise zur Hypothesenüberprüfung und der dabei eingesetzten bzw. dazu eigens entwickelten Methoden und Instrumente (vgl. 4.), so wie die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse (vgl. 5.). Sie schließt mit einer knappen Zusammenfassung (vgl. 6.).

2. Theoretische und experimentelle Grundlagen

Die vorliegende Untersuchung ist dem Problemkreis mediengestützten sensomotorischen Lernens zuzurechnen. Mit ihrer Fragestellung werden vier Theoriefelder unter einem vorwiegend (unterrichts-)technologischen Gesichtspunkt aufeinander bezogen. Dies sind

1. theoriegeleitete Vorstellungen von grundlegenden Komponenten sensomotorischer Lernprozesse im Sport;
2. Theorien und Befunde zur kognitiven Verarbeitung unterschiedlich (d.h. ikonisch bzw. digital) kodierter Information;
3. experimentelle Belege für die Ausbildung und Nutzung habitueller Formen des Blickverhaltens bei der visuellen Informationsaufnahme;
4. Hinweise auf eine altersbezogene Ausbildung von Sehgewohnheiten und auf eine Veränderung der Enkodierungsspezifität bei Problemlösungsprozessen.

Die Sichtung dieser Bereiche unterliegt der Einschränkung auf initiale sensomotorische Lernprozesse (verstanden als Neuerwerb alltagsferner, großmotorischer Bewegungen) sowie auf die Bedingungen statisch objektivierter Sollwertpräsentation (z. B. algorithmisch strukturiertes Lernkartensystem).

2.1. Zur sensomotorischen Konzeptualisierung

Jedes Lernen vollzieht sich in einer Einheit von Wissen (Kognition) und Können (Sensomotorik). Dies gilt auch für das Bewegungslernen, Wahrnehmungs-, Vergleichs- und Entscheidungsleistungen, Invariantenbildungen sowie Aspekte der Planung und Programmierung von Bewegung charakterisieren u.a. die kognitiven Komponenten der Sensomotorik.

2.1.1. Konzeptualisierung als Grundvorgang zentraler Informationsverarbeitung und einsichtiger Verhaltensorganisation

Als ein wesentliches kognitionsseitiges Korrelat des sensomotorischen Lernprozesses wird der Aufbau einer bewußten, strukturierten (Bewegungs-)Vor-

stellung unterstellt. Dieser Vorstellung wird die Funktion einer notwendigen, wenn auch nicht immer hinreichenden personinternen Ausführungsvorschrift für die nachfolgende sensomotorische Realisierung der Lernaufgabe zugeschrieben. Sie wird als ein bewußtes, durch "chunk"-Bildung (DAUGS/BLISCHKE 1984, S. 399, vgl. auch GEUSS 1979, S. 13, S. 15) nach Bedeutungseinheiten strukturiertes begriffliches Konzept verstanden, welches als organisierender Rahmen für die im Bewegungsvollzug jeweils aktuell zu erbringenden Koordinationsleistungen und umweltbezogen abzurufenden Innervationschemata der Arbeitsmuskulatur fungiert (sensomotorische Konzeptualisierung, DAUGS/BLISCHKE 1984, S. 388, 399 ff , vgl. auch HENATSCH 1976 a, S. 204; SCHMIDT 1980 c). Weitgehend autonom dagegen erfolgt mit der Bewegungsausführung noch eine feedbackbasierte "online"-Anpassung an die konkreten Ausführungsbedingungen.

2.1.1.1. Grundlegende Bedingungen und Funktionen der Konzeptualisierung

Als mentale Grundlage eines solchen ausführungsleitenden kognitiven Konzepts wird eine generalisierte und abstrakte, einheitliche, logisch-propositionale Gedächtnisrepräsentation angesehen (ANDERSON/BOWER 1973; HANNEMANN/ISSING 1979; PYLYSHIN 1973, 1981, S. 18 f, S. 26, S. 40; WICKELGREN 1981), die erst bei Abruf eine jeweils aktuelle Ausdifferenzierung in motorische Programme bzw. Ausführungsroutinen (raum-zeitliche Invervationsmuster) durch entsprechende Funktionsgeneratoren im Zentralnervensystem (ZNS) erfährt (HENATSCH 1976 b, S. 401 ff; SCHMIDT 1980 c, S. 180). Physiologisches Ausgangsmaterial des Repräsentationsvorgangs sind nach WOODY (1982, S. 112, S. 309 ff) Wahrnehmungsdaten, die aus der Aggregierung sensorisch kodierter Information zu Primäreindrücken ("primary images") erwachsen und auf einfachen "line-labeling"-Vorgängen spezifischer Neuronenverbände beruhen. In einen pragmatisch relevanten, bedeutungsvollen und damit der Einsicht zugänglichen (Erfahrungs-) Kontext werden solche Primäreindrücke jedoch erst durch Konzeptualisierungsvorgänge gebracht. Hierunter sind hierarchisch übergeordnete neuronale Operationen zu verstehen, die aufgrund von Isomorphismen zwischen Eindrücken aus der Primärwahrnehmung sensomotorisch etikettierter Informationsaggregate sekundäre Wahrnehmungen ("extended images", BERGSON 1971) ableiten (Invariantenbildung und Merkmalsklassifikation). Diese Vorgänge sind jeweils funktionsspezifisch prädominanten Großhirnhemisphären zugeordnet (WOODY 1982, S. 306, S. 308), reflektierten in ihren Ergebnissen die stochastischen Funktionsprinzipien der ihnen unterliegenden neuronalen Schaltkreise und sind zwar vorwie-

gend, jedoch keineswegs ausnahmslos an die Organisation sprachlicher oder vergleichbarer Symbolstrukturen gebunden ("abstract conceptualization", WOODY 1982, S. 310 f).

Mit Verweis auf BURESOVA (1977) unterstreicht WOODY (1982, S. 308) ferner die Fähigkeit des neuronalen Systems zur Generalisierung auf der Grundlage abstrakter Konzepte (Oberbegriff- und Klassenbildung). So erfolgt z. B. die Generalisierung konditionierter Reflexe bezgl. verschiedener konditionierter Stimuli unabhängig von deren spezifischer Informationsmodalität (analog-verbal; kinästhetisch-visuell) und schließt auch Unter- und Oberbegriffsrelationen ein. Hier sind auch von KLIX (1971, S. 422, S. 454) angeführte Befunde zur wechselweisen Transformation von kinästhetischer und visueller Rückmeldung sowie zur lernprozeßabhängigen Ausbildung sensomotorisch relevanter, kognitiver Entscheidungskritierien für ganze Klassen von Anforderungssituationen einzuordnen (unmittelbarer Transfer zeitoptimaler Zielansteuerungsfunktionen auf unterschiedliche Zielabstände; vgl. auch TIMPE 1969). Modalitätsübergreifende Generalisierungen werden schon vorbereitet durch die Tendenz zur zentralen Integration der sensomotorischen Informationsaufnahme: ZIMMERMANN (1977, S. 66) z. B. konstatiert auf der neuronalen Ebene die "polysensorische Konvergenz" mehrerer Afferenzen unterschiedlicher Herkunft auf eine Nervenzelle in der Hirnstammregion. Der jeweils "adäquate" Reiz für ein Sinnesorgan wird also nicht allein durch die zentrale Verarbeitung der von den Rezeptoren kommenden Impulsmuster und durch die Verknüpfung der Funktion gleichartiger Rezeptoren definiert, sondern immer auch durch den Vergleich mit den aus benachbarten Rezeptoren anderer Modalität einlaufenden Informationen (DUDEL 1980, S. 195).

Da bei der Aktualisierung bzw. Rückerinnerung von Konzepten die entsprechenden motorischen Ausführungsroutinen bzw. die Wort- oder Bildmarken jeweils rekonstruiert werden müssen (vgl. z. B. SACHS 1967; FILLENBAUM 1966; SCHMIDT 1980c, S. 180), können solche Generalisierungen sowohl die Identifikation als auch den Abruf von Gedächtnisinhalten fördernd oder modifizierend beeinflussen (vgl. diesbezügliche Hinweise auf Synonymbildung unter Sehens- und Tunsbedingungen bei ENGELKAMP/ZIMMER 1983, S. 125).

Ausschlaggebend sowohl für die Zuordnung zu Oberbegriffen als auch für die Güte der Merkleistung und für eine rasche Verfügbarkeit ist die Menge relevanter Merkmale (Bedeutungshaltigkeit) und damit die Anzahl an "Querverbin-

dungen" der betreffenden Inhalte zu anderen im Gedächtnis gespeicherten Informationen (inhaltliche Komplexität; KLIMESCH 1981). Dies entspricht auch einer Interpretation von Befunden zu Behaltensvorteilen bei redundanten Kodierung und entsprechender Aufmerksamkeitslenkung (Orientierungsaufgabe) nach dem Prinzip der Enkodierungsspezifität (Kontextbezug; vgl. TULVING/THOMSON 1973) und nach dem Prinzip der semantischen Verarbeitungstiefe ("levels of processing"-Ansatz von CRAIK/TULVING 1975, S. 272; NORMAN/RUMELHART 1975; LOCKHART/CRAICK/JAOBY 1975; WIPPICH 1978, S. 521, S. 522 ff; vgl. auch die diesbezügliche Übersicht bei KLIMESCH 1979).

2.1.1.2. Konzeptualisierung als Mechanismus der Modalitätsintegration

Die so entstandenen Konzepte oder "Begriffsknoten" bündeln und strukturieren demanch jeweils unterschiedliche, sich teilweise überschneidende Mengen semantischer bzw. propositonaler Merkmale (SMITH/SHOBEN/RIPS 1974; KLIMESCH 1981, S. 663). Assoziativ miteinander verknüpft und hierarchisch miteinander vernetzt stellen sie für verbale ("Wortmarken"), imaginale ("Bildmarken") und sensomotorische ("Programmarken") Gedächtnisspuren bzw. Primäreindrücke ein gemeinsames konzeptuelles Repräsentationssystem dar (traditionell als semantisches Gedächtnis bezeichnet; vgl. ENGELKAMP/KRUMNACKER 1980, S. 528, S. 529, sowie KLIMESCH 1980, S. 252, S. 255). Nach KLIX (1981, S. 231) beschreiben die Merkmalssätze der Begriffe (bezogen auf Objektklassen) und die semantischen Relationen zwischen ihnen (im Unterschied zu innerbegrifflichen Relationen) reale oder mögliche Situationseigenschaften in ihren räumlichen, zeitlichen, kausalen oder finalen Eigenschaften; sie liefern damit die kognitive Gedächtnisbasis mit direkter Speicherung sensorisch vermittelter, zwischenbegrifflicher Relationen (dies dürfte auch die hauptsächliche Grundlage sonsomotorischer Konzeptualisierungen sein). Mittels sprachlicher Belegungen werden diese Situationseigenschaften etikettiert (lexikalische Gedächtnisbasis). Über Situationstypen wiederum kommt es zur Ausbildung von Orientierungsbereichen des semantischen Gedächtnisses, die räumlich-zeitlich kohärente Zusammenhänge oder Wechselwirkungen (Szenen, Geschehnisse, Ereignisformen) abbilden (KLIX 1981, S. 232). Das tatsächliche Kodierungsformat der jeweils zugrundeliegenden Gedächtnisspuren unterschiedlicher Informationsmodalitäten (zum diesbezüglichen Hypothesenwiderstreit vgl. ANDERSON 1978; siehe auch

PYLYSHIN 1981) und dementsprechende Interferenz- bzw. Zerfallsprozesse erscheinen dabei nicht von prinzipiellem Belang für die Etablierung eines solchen integrativen semantischen "Netzwerks" (vgl. auch GLASS/HOLYOAK/SANTA 1979).

Allerdings können sowohl die Zugriffspunkte als auch die Menge der durch einander korrespondierende Bildmarken, Wortmarken und sensomotorische Programmmarken aktivierten (semantischen) Merkmale durchaus unterschiedlich sein (KLIMESCH 1982 a, S. 499; ENGELKAMP/ZIMMER 1983, S. 118 f, S. 125). KLIMESCH (1982 a, S. 493, S. 498) führt dies u.a. auf modalitätsspezifische Enkodierungsstrategien (bei Wörtern "top-down", bei Bildern "bottom-up") zurück und konzediert bei Bildern im Unterschied zu Wörtern die Möglichkeit fließender Übergänge von der perzeptuellen zur semantischen Kodierungsebene. Bei Wörtern dagegen ist die Klassifikation des perzeptuellen Wortkodes (die graphemisch-phonetische Information) im lexikographischen Speicher die Voraussetzung dafür, zunächst die entsprechenden Begriffsknoten (die Zugriffsadressen) der im semantischen Netzwerk gespeicherten Wortbedeutungen anzusteuern (KLIMESCH 1982 a, S. 474); erst danach können die korrespondierenden semantischen Merkmale (die semantische Information) abgerufen werden.

Abweichend von ENGELKAMP/ZIMMER (1983) werden daher mit KLIMESCH (1980, 1982 b) aufgrund einer zeitlich nahe beieinanderliegenden Aktivierung korrespondierender bildhaft-imaginaler, verbal-begrifflicher und sensomotorisch-handlungsbezogener Wahrnehmungs- bzw. Gedächtnisspuren nichtadditive Interaktionsaffekte im gemeinsamen konzeptuellen Repräsentationssystem angenommen (sog. "Interaktionshypothese"), deren Auswirkungen sich gewöhnlich als Verbesserung einer Reproduktions-, Wiedererkennens- oder Zuordnungsleistung (auch als Bestimmung von Oberbegriffsrelationen aufgefaßt) dokumentiert finden (vgl. diesbezüglich auch ENGELKAMP/ZIMMER 1983, S. 118, S. 125). In diesem Zusammenhang ist der Befund bemerkenswert, daß die Verbesserung der visuellen Wiedererkennung bereits mit einer Aktivierung des Sprachsystems als solchem einhergeht und nicht an die Verbalisierung spezifischer visueller Details gebunden scheint (KLIMESCH 1982 b, S. 13, S. 16).

2.1.1.3. Konzeptualisierung als Voraussetzung der Modalitätssubstition

Der wechselseitige Kontextbezug der verschiedenen Informationsanteile erhöht dabei nicht nur die Behaltensstabilität (vgl. KLIMESCH 1981, sowie insbesondere hinsichtlich der Berücksichtigung sensomotorisch-handlungsbezogener Informationskomponenten ENGELKAMP/KRUMNACKER 1980 und ENGELKAMP/ZIMMER 1983), sondern erlaubt auf der Grundlage einer multisensorischen Kontrolle auch einen flexiblen Rückruf einzelner Komponenten. D. h. die gleiche Handlung kann, einmal über eine Sinnesmodalität angeeignet, auch von anderen Sinnen gesteuert werden, nachdem ein modalitätsunspezifisches Programm bzw. Konzept vorliegt. Zwischen optischen, akustischen und kinästhetischen Wahrnehmungen und (Bewegungs-)Kontrollen besteht offenbar auch auf der Gedächtnisebene ein reger, neurologisch nachweisbarer Informationstransfer. So betont u.a. JUNG (1976, S. 33) die intersensorische Transformation von Bewegungsentwürfen, und WOODY (1982, S. 316, S. 321) belegt für verschiedene einsichtsvolle Verhaltensäußerungen die für eine gelingende Ausführung funktionale Kompensation bzw. Substition einer (geschädigten oder deprivierten) Sinnesmodalität durch eine andere, sofern die betreffenden Patienten auf Konzeptualisierungen zurückgreifen können. Dagegen lassen die imitativ und adaptiv hoch leistungsfähigen, fehlerkorrigierenden closed-loop Kontrollen des ZNS alleine kein bedeutungsvoll organisiertes oder gar einsichiges Verhalten zu, sofern eine Informationsverarbeitung in den hierarchisch übergeordneten neuronalen Schaltkreisen der Großhirnrinde nicht stattfinden kann (vgl. etwa Fälle von Echolalia bei konzeptuell sprachlosen aphasischen Patienten).

2.1.2. Konzeptualisierung als Leitgedanke theoretischer und experimenteller Analyse

Die bis hierher skizzierten Befunde einer hierarchisch organisierten Informationsverarbeitung im ZNS, welche die Integration der Sinneseindrücke und Gedächtnisspuren unterschiedlicher informationeller Modalitäten gewährleistet[)] und somit vorrangig auf deren semantischen und propositionalen Gehalt abstellt, sind mit vorliegenden Theorieentwicklungen verträglich und können zur Orien-

---

[)] Und damit die Voraussetzung für deren Substitution ist

tierung der weiteren Arbeit dienen.

Sie korrespondieren einerseits sportwissenschaftlich relevanten, handlungspsychologischen Konstrukten einer hierarchisch übergeordneten, kognitiven Planungsinstanz ("intellektuelle Regulationsebene", HACKER 1978[2]; "ideomotorische" bzw. "perzeptiv-begriffliche" Regulationsebene, PÖHLMANN 1977; "motorische Superzeichenhierarchie" auf der Basis des "zweiten Signalsystems", VOLPERT 1981[3]; 1975). Andererseits liefern sie neurophysiologische und experimentalpsychologische Anhaltspunkte für Versuche einer automatentheoretischen Modellierung komplexer Lern-Vorgänge ("Pandämonium", WOODY 1982, S. 344 f; vgl. auch Ansätze zu einer systemtheoretischen Analyse sensomotorischen Lernens und kognitiver Begriffsbildung, KLIX 1971, S. 448 ff, S. 582 ff, S. 648 ff). Konzeptualisierung und "extended image formation" erscheinen dabei häufig analog zur Ebene logischer Kommandosprachen, die bei einem Rechner der Assembler- (Subroutinen) und der basalen Maschinencode-Ebene übergeordnet sind (WOODY 1982, S. 311 f).

2.1.2.1. Hinweise und Folgerungen für einen technologischen Zugriff zu Konzeptualisierungsvorgängen

Aus den vorgetragenen Erkenntnissen erwachsen zudem eine Reihe vernünftiger Annahmen hinsichtlich der Ausbildung von Bewegungsvorstellungen:

2.1.2.1.1. Kognitiver Vorlauf durch Instruktion

Die kognitive Etablierung wesentlicher Komponenten eines neuen Bewegungskonzepts geht sinnvollerweise der Bewegungsausführung voraus. Abgesehen von der Ausnutzung verallgemeinerter Bewegungserfahrungen bedarf es hierzu i.d.R. keiner spezifischen sensomotorischen (Rück-)Informationen (z. B. kinästhetisches feedback). Mit Blick auf die Funktionsweise der secondary image formation und des semantischen Gedächtnisses kommen als Informationsquellen außer Gedächtnisbesitz (bereits erfolgte begriffliche Belegungen motorischer Schablonen und schon gelernter Teilbewegungen) sowohl analoge (dynamische Präsentationen von Bewegungsabläufen oder relevanter Kenngrößen) als auch symbolisch-begriffliche Instruktionsformen in Betracht, wobei letztere syntaktisch "dicht"

(z. B. ikonisches Bildsymbol) oder aber syntaktisch "disjunkt" und "endlich differenziert" sein können (z. B. sequentiell organisierte sprachliche Aussageverknüpfungen auf digitaler Zeichengrundlage; vgl. GOODMAN 1973; GEBAUER 1984, S. 142 f). Dabei dürfte, nicht zuletzt aus kapazitären Gesichtspunkten, der visuellen Sinnesmodalität eine prädominante Rolle zufallen. Ein solches Rahmenkonzept der Bewegung kann im Zuge nachfolgender Übungsprozesse (also im Verlauf sensomotorischer Realisierungen) durch die Ausnutzung bewegungsbegleitender (peripherer und innersystemischer) sowie resultatorientierter (Rück-) Informationen gezielt zu einer bewußten und prozeßorientierten Bewegungsvorstellung mit einer zunehmend spezifischen, situationsangepaßt flexiblen räumlich-zeitlich- dynamischen Struktur ausdifferenziert werden (vgl. MEINEL/ SCHNABEL 1976, S. 82, sowie DAUGS/BLISCHKE 1984, S. 388 f, S. 400 f).

2.1.2.1.2. Verbesserung der Lernleistung durch Modalitätsintegration

Wird die lernrelevante Information in geeigneter Weise dargeboten, vermag die Integration verschiedener Informationsmodalitäten (Bild, Wort, kinästhetische Empfindung, bzw. einzelne Kombinationen hiervon) bei der Informationsaufnahme aufgrund verstärkter Aktivierung der entsprechenden Konzepte und der diesen zugeordneten Wort-, Bild- und (sensomotorischen) Programmarken die Behaltensstabilität zu fördern, die Genauigkeit, Differenziertheit und Eindeutigkeit des gesamten Bewegungskonzepts zu steigern und den Lernprozeß zu beschleunigen. Dabei wird unterstellt, daß das ZNS diesen leistungssteigernden Effekt über die verschiedenen Informationsmodalitäten hinweg generalisiert.

2.1.2.1.3. Objektivierung durch Modalitätssubstition

So verstandene Bewegungsvorstellungen lassen sich sowohl sprachlich fassen als auch in Vorstellungs-"Bildern" aktualisieren. Auf dieser Grundlage erscheinen auch entsprechende Objektivierungen möglich, die sich zueinander sowie zur Realisierung der Bewegung homomorph verhalten. Sie bieten damit eine Grundlage für bestimmte Formen der Instruktion und Lernkontrolle. Derartige Objektivierungen wären noch unbeeinflußt von aktuellen, bewegungsbegleitenden sensomotorischen Feedbackprozessen, die eine wesentliche zusätz-

liche Informationsquelle darstellen, und sie wären unverzerrt von Einflüssen, die bei der Realisierung aus dem jeweiligen Status motorischer Grundeigenschaften erwachsen können.

2.1.2.1.4. Ergebnisvariabilität durch propositionale Konstruktionsspielräume

Die in Bewegungsvorstellungen propositional verknüpften Bedeutungseinheiten sind zwar über elementaren Komponenten perzeptueller bzw. effektorischer Basisfunktionen etabliert (KLIX 1971; SCHMIDT 1975, 1976; ADAMS 1976; ROTH 1982; vgl. auch ENGELKAMP 1983), werden jedoch funktionell und z. T. auch physiologisch von den ihnen unterliegenden kortikalen, subkortikalen und spinalen Mechanismen und den von diesen generierten Verhaltenseinheiten unterschieden. Man beachte auch die ganz entsprechende Differenzierung von Phonemgenerierung und Semantembildung ("complete speech units") bei der Analyse von Sprachstörungen (DENNY-BROWN 1963; WOODY 1982, S. 311 ff). D.h. aber, der eigentlich konzeptuelle, kategorial-begriffliche Charakter ist nicht von vornherein an bewegungsphysiologischen bzw. regelungstheoretisch oder biomechanisch definierten Parametern oder gar an spezifischen Merkmalsausprägungen solcher Parameter orientiert, kann allerdings im Zuge konzeptueller Elaboration durchaus entsprechende Merkmale einbeziehen. Zugleich bedeutet dies Variabilität in zweierlei Hinsicht: Einerseits können solche die Bewegungsabläufe strukturierenden und organisierenden, kognitiven Konzepte relativ frei von ausführungsbedingten Restriktionen mental arrangiert und re-arrangiert werden; andererseits sind Gehalt (Art der merkmalsbezogenen Teilklassenbildung) und Elementarisierungsgrad (Schrittzahl der Merkmalsmengenaufspaltung; KLIX 1971, S. 551) der in Bewegungsvorstellungen geordneten Bedeutungseinheiten bzw. Propositionen kontingent und verändern sich zudem funktional im Verlauf des Lernprozesses, wobei zumeist mit fortschreitender horizontaler Differenzierung und Verfeinerung bezgl. der Ausgliederbarkeit sensomotorischer Elementaroperationen eine zunehmende vertikale Superierung im Sinne der Ausbildung komplexerer Handlungseinheiten einhergeht (vgl. BLISCHKE 1980, S. 77, S. 79). Dem wäre einerseits die koordinative Kontrolle zusätzlicher Freiheitsgrade, andererseits ein Komplexitätszuwachs des koordinativen Gesamtmusters (impulse-timing-pattern; SCHMIDT 1982, S. 308) zuzuordnen.

Es können aber auch gänzlich neue Bedeutungszuweisungen mit entsprechenden kognitiven, den Bewegungsablauf bzw. das Innervationsmuster verändernden Umstrukturierungen im Gefolge hinzutreten (z. B. Ausführung der Halse beim Jollensegeln nicht mehr als "Richtungsänderung durch Ruder/Gleichgewichtserhaltung durch Körperverlagerung", sondern als "Richtungsänderung durch - vorzeitige - Gewichtsverlagerung/Gleichgewichtsherstellung durch Ruder", LEIST 1978, S. 147 f; vgl. auch KÖRNDLE 1983, S. 69, S. 74).

Derartige Leistungen sind allerdings nicht ohne weiteres allein durch Vorgabe von Repräsentationsstrukturen aus fortgeschritteneren Lernstadien zu erreichen. Die Ausdifferenzierung und Reorganisierung interner Bewegungspräsentationen als "operativer Abbilder" bedarf auch notwendiger Basisinformationen aus dem Bewegungsvollzug, also der Wahrnehmung bewegungsinduzierter Wirkungen (KÖRNDLE 1983, S. 116; BLISCHKE 1980, S. 49 f; LEIST 1978, S. 148).

Die in diesem Abschnitt skizzierten Überlegungen lassen es prinzipiell möglich erscheinen, einen experimentellen Zugang zu sensomotorischen Konzeptualisierungsvorgängen zu eröffnen und sie überdies einer (unterrichts-)technologischen Steuerung zugänglich zu machen. Jede praktische Konkretisierung bedarf allerdings gewisser Vorentscheidungen in zwei weiteren Fragen:

- Wie lassen sich die einzelnen Bedeutungseinheiten sensomotorischer Bewegungsvorstellungen operationalisieren?
- Welche Situations- und Bewegungsparameter sind geeignet, diese Bedeutungseinheiten und ihre Relationen in einer sensomotorisch relevanten Weise zu spezifizieren?

Entsprechende Festlegungen definieren zugleich Informationsgegenstände (Instruktion) und Beurteilungskriterien der Lernresultate (Soll-Istwert-Vergleich) für den konkreten (sensomotorischen) Informationsumsatz.

2.1.2.2. Überlegungen zur Operationalisierung von Bewegungsvorstellungen

Die Struktur des konzeptuellen Gedächtnisses ist uns nicht unmittelbar zugänglich. Jede diesbezügliche Operationalisierung ist daher letzten Endes auf den sensomotorischen Output, also auf die Bewegungsausführung verwiesen.

Als Produkt eines sensomotorischen Lernprozesses stellt der realisierte Bewegungsablauf die von Mal zu Mal veränderliche Konkretion der jeweils gleichen, im Lernprozeßverlauf etablierten Bewegungsvorstellung dar. Er läßt sich regelungstheoretisch verstehen als Nachbildung einer sensorisch vermittelten und/oder durch Gedächtnisbesitz konzipierten Führungsfunktion vermittels einer (senso)motorischen Aktion (KLIX 1971, S. 416).

Damit sind die Schwierigkeiten vorgezeichnet, die aus dem notwendigen Rückbezug von Ansätzen zur Strukturierung von Bewegungsvorstellungen und zur Identifikation strukturbestimmender Teileinheiten auf die Bewegung selbst erwachsen.

2.1.2.2.1. Zur Ausgliederung von Teileinheiten - das Strukturierungsproblem

Für die empirische Abfrage einer solcherart durch Lernprozesse aufgebauten Bewegungsvorstellung, sei es auf der Grundlage einer Bewertung der Realisierung, also der sensomotorisch konkretisierten Informationsabgabe, sei es in Gestalt einer geeigneten Objektivierung des entsprechenden kognitionsseitigen Korrelats, sind nun die essentiell erscheinenden Bedeutungseinheiten in ihrer Struktur operational zu repräsentieren (Sollwertfestlegung). Hier liegt es nahe, als lernrelevant ausgewiesene und didaktisch leicht greifbare, also von Lehr- und Lernsystem ansteuerbare Aspekte der Kriteriumsbewegung auszuwählen, die (regulative) Prozeßeinheiten repräsentieren. Dies können z. B. Teilbewegungen sein ("sensomotorische Operationen"; DAUGS 1979, S. 385), die sich im Hinblick auf die endgültige Zielansteuerung (Resultatoptimierung, z. B. Kugelstoß, bzw. Sollwertentsprechung, z. B. Ballett-Position) als essentiell oder als korrekturrelevant erwiesen haben, und deren wesentliche dynamischen und funktionellen Charakteristika und wechselseitigen Relationen ggf. durch Geschwindigkeits- und Richtungsangaben, durch Kennzeichnung von Ortsverhältnissen, von Umkehrstellen und Lageveränderungen, aber auch von räumlich-zeitlichen Relationen und physikalischen und/oder physiologischen Wirkungseffekten zum Ausdruck gebracht werden können, wo immer dies notwendig erscheint. Hinsichtlich einer unterrichtstechnologisch fundierten Vorgehensweise vgl. hierzu exemplarisch BLISCHKE (1980, S. 60, S. 62), sowie DAUGS (1979, S. 385 f, S. 387 f, insbes. S. 389 f).

Entsprechend der Ausrichtung des Forschungsansatzes auf den didaktischen Informationsumsatz bei sensomotorischen Lehr-Lern-Prozessen orientiert sich die Ausgliederung solcher Teilaspekte der Gesamtbewegung und der damit zu identifizierenden kognitiven Bedeutungseinheiten in erster Linie an der Auffindung elementarer (sensomotorischer) Lehr-Lern-Operationen (LANDA 1969). D.h. erst anhand der didaktischen Anforderungssituation oder auf der Grundlage experimentellen Vorgehens läßt sich entscheiden, welche sensomotorischen Operationen jeweils als "wesentlich" und "elementar" zu betrachten sind, und welcher Elementarisierungsgrad jeweils angemessen ist (DAUGS 1979, S. 276; 1980, S. 37; BLISCHKE 1980, S. 48, S. 77). Zugleich sei damit auch klargestellt, daß keineswegs zwingend eine unmittelbare Identität von "sensomotorischer Operation" als einer der "fertigen" Bewegungsvorstellung zugehörigen regulativen Teileinheit und "Lehr-Lern-Operation" als eines Informationsverarbeitungsschrittes auf dem Wege zur Ansteuerung dieser Teilbewegung unterstellt werden muß (vgl. hierzu auch BLISCHKE 1980, S.48f,S.67).

Gleichwohl dienen diese sensomotorischen Operationen, dem jeweiligen Lernstadium (FITTS/POSNER 1967) angepaßt und als Strukturierungsgegenstand aufgefaßt, der Lehrstoffstrukturierung und Lehralgorithmisierung; in ihren sicht- oder meßbaren Korrelaten stellen sie damit zugleich die Grundlage zur Realisierungsbewertung dar. Entscheidend ist in jedem Falle, daß ein Lehrender (ein Lehrsystem) diese sensomotorischen Operationen unter Beurteilungs- und Korrekturgesichtspunkten mit Erfolg als intendierte Verhaltenseinheiten des Lernenden wahrnehmen und identifizieren kann, und daß sie zugleich vom Lernenden (zumindest potentiell) innerhalb der Gesamtbewegung als Teilbewegungen oder funktionale posturale Koordinationsleistungen empfunden und ausgegliedert werden können und dabei seiner bewußten Ausführungskontrolle unterliegen (hohe "direkte Erreichbarkeit"; VOLPERT 1983, S. 44).

Solche Operationen müssen also in der didaktischen Kommunikationsstruktur nicht nur denotierbar sein, sondern sie müssen auch Referenzgrößen bzw. -marken beinhalten oder doch unmittelbar erkennbar zu solchen Größen/Marken in Beziehung stehen. Und sie müssen darüber hinaus im Hinblick auf die Erreichung des Gesamtziels, das mit der jeweilig angesteuerten Bewegungsausführung verfolgt wird, auch von regulativer Relevanz sein. VOLPERT (1983, S. 45) spricht hier von hoher "Instrumentalität".

Ohnehin ließe sich eine (handlungs-)theoretische Ausarbeitung des soeben skizzierten, sehr pragmatischen Ansatzes zu einer kognitiv-konzeptbezogenen Segmentierung von Bewegungsabläufen noch am ehesten in Richtung der von VOLPERT (1980[3]; 1974; 1975; 1983; 1984; vgl. HACKER 1980[3]; 1983) angestellten Überlegungen zum sensomotorischen Lernen als eines Teilaspektes hierarchisch-sequentieller Handlungsorganisation denken. Der elementaren sensomotorischen Operation entspräche dann in etwa die "zyklische Basiseinheit". Dieser wiederum ließe sich eine kognitiv-begriffliche ("zweitsignalische") Repräsentation zuordnen, die Ziel und Teile der "Transformationen"-Folge[1)] einer solchen Einheit kennzeichnet. Die konkreten Transformationen selber allerdings wären demgegenüber wohl eher als "motor units" u.a. im Sinne funktioneller, koordinierter Muskelselektion (EASTON 1978; TURVEY/SHAW/MACE 1978; SMITH 1980), als Effekte der Parameterisierung physikalischer (z. B. Viskoelastizität) und oszillatorischer Eigenschaften des neuromuskulären Systems ("mass-spring"-Analogie; vgl. BIZZI 1980; KELSO/HOLT 1980), oder als Leistungen horizontal distribuierender Kontrolle innerhalb hierarchisch verschalteter neuronaler Netzwerke zu verstehen (ARBIB 1980, 1981), zwischen denen wiederum topographische Relationen bestehen (neuronale bzw. "kognitive" Karten). Diese Struktur (i.e. codierte Information!) wird (modellhaft) im Wechselspiel von afferenter Aktivität (Umweltbezug) und Spontanaktivität (individuelle Geschichte) ausdifferenziert und verfestigt (Lernen; vgl. hierzu KALB 1984). Wenn auch wohlumschrieben und bisweilen von gesetzmäßigem Charakter, sind dies alles also Leistungen, die durchweg oder zum überwiegenden Teil aus dem regelhaften Zusammenwirken weitgehend autonomer und basaler, in sich sehr plastischer physikalisch-physiologischer bzw. neuronaler Prozesse und zahlreicher, kompensatorisch untereinander austauschbarer Effektorsysteme ("motor equivalence"; KEELE 1981) erwachsen. Sie sind damit einer internen Konzeptualisierung und einer begrifflichen Etikettierung im Hinblick auf "Verhaltenseinheiten" zumeist nicht mehr zugänglich, läßt man einmal die an aktuelle Forschungstrends auf dem Gebiet des bio-feedbacks geknüpften Erwartungen beiseite (vgl. u.a. KAMIYA 1984; BAUER 1984; PICKENHAIN 1984), und stellen daher keinen geeigneten Schlüssel zur entsprechungsgleichen Segmentierung von Bewegungsabläufen und Bewegungsvorstellungen dar: "The units of behavior may not correspond with the units of neuronal activity studied ..." (TALBOTT 1979, S. 9).

[1)] Das Ziel, nämlich die zwischen "handelndem Subjekt" und "Umwelt" am Ende der zyklischen Einheit bestehende, "intendierte" Beziehung, wird i.d.R. durch eine Folge (sensomotorischer) Transformationen eben dieser Beziehung schrittweise angenähert (VOLPERT 1984, S. 72).

Weitere, eher grundlagenwissenschaftlich einzuordnende Anhaltspunkte für die empirische Existenz solcher strukturbestimmenden Teileinheiten von Bewegungsabläufen und Hinweise auf ihre Beziehung zu internen, kognitiven Planvorgaben nennt u.a. auch SCHMIDT (1982, S. 303ff, S. 582ff, S. 592ff) unter Verweis auf motorische Programmtheorien und die Ausbildung generalisierter, entscheidungsrelevanter Gedächtnisspuren ("schemata"; "abstract memory representations").

Ein experimenteller Zugang zur Identifizierung geschlossen vorprogrammierter Teileinheiten von Bewegungsvollzügen eröffnet sich hiernach u.a. anhand des Einflusses, den die Bewegungskomplexität (SCHMIDT 1982, S. 112) sowie die Anzahl von Antwortalternativen und deren Ähnlichkeit (SCHMIDT 1982, S. 107ff; vgl. auch ROSENBAUM 1984) auf die Reaktionszeit haben, ferner anhand der differentiellen Zeiteffekte bei der Korrektur von Auswahl- gegenüber Ausführungsfehlern (SCHMIDT 1982, S. 292ff). Diese Befunde stützen auch die Annahme aufmerksamkeitsabsorbierender Informationsverarbeitungs- und Entscheidungsprozesse als notwendiger Voraussetzung zur aktuellen Generierung solcher Einheiten (vgl. SCHMIDT 1982, S. 140f, S. 298). Innerhalb des komplexen sensomotorischen Rahmenkonzepts werden diese Teileinheiten oder "Konzeptbausteine" in erster Linie durch räumlich-zeitliche Anforderungen an einzelne Gliedmaßenbewegungen (Bewegungsaufgabe) im Hinblick auf das umgebungsbezogen angestrebte Gesamtziel spezifiziert (SCHMIDT 1982, S. 292f, S. 297).

Auch das Konstrukt der motorischen Programmeinheit ist allerdings von einer erheblichen empirischen Variabilität: So verweist ROSENBAUM (1984) auf die Ausbildung hierarchischer Entscheidungsstrukturen im Verein mit parallel ablaufenden Vorverarbeitungs- und Programmierungsprozessen, die einzelne "unerwartete" Fingerzielbewegungen als "singuläre" Einheiten mit geläufigen Tapping-Kombinationen als "komplexen" Einheiten so verbindet, daß die gesamte Bewegungsabfolge zielgenau als zeitlich homogenes Muster erscheint. Daneben stehen Befunde von VIVIANI (1984), die bei der Einhaltung komplexer Bewegungsbahnen erst mit zunehmender Bewegungsgeschwindigkeit (und damit einhergehendem Verlust bewegungsleitender feedback-Kontrollen) eine Tendenz zur Ausgliederung nunmehr vorprogrammierter Teileinheiten mit differentiellen Ausführungsgeschwindigkeiten vermuten lassen.

Will man schließlich von dem "impulse-timing"-Modell entnommenen Strukturinvarianten motorischer Programme (Ordnung bzw. Reihenfolge von Elementen, z. B. Muskelaktionen; relative Zeitstruktur der entsprechenden EMG`s; relative Kraft der beteiligten Muskeln; SCHMIDT 1982, S. 308 ff) wiederum zur begrifflichen Ebene sensomotorischer Konzeptualisierung rückschließen, so ist das jeweilige Ausmaß begrifflicher Generalisierung auf Seiten der Probanden zu berücksichtigen: So können einerseits zwei ihrem "Phasing" nach verschiedene motorische Programme aufgrund gleicher Element-Abfolge (z. B. Schriftzug in wiederholter Ausführung, oder dynamisch unterschiedlich artikulierte gymnastische Grundfigur) demselben, noch nicht ausdifferenzierten begrifflichen Konzept zugerechnet werden; andererseits kann dasselbe motorische Rahmenprogramm bei invarianter Impuls-Zeit-Struktur, aber unterschiedlicher Parametervorgabe (z. B. Muskelgruppen oder Raumwege; vgl. SCHMIDT 1982, S. 323) aufgrund einer entsprechend spezifisch ausgearbeiteten Merkmalsstruktur von Situations- und Ausführungsbedingungen und darüber vollzogener Teilklassenbildung und entsprechender Bedeutungszuweisung durchaus zwei semantisch verschiedenen, begrifflichen Spezifikationen des allgemeinen Rahmenkonzepts korrespondieren.

Bei einer Orientierung am didaktischen Informationsumsatz bzw. an motorischen Programmtheorien stehen bzgl. der Ausgliederung von sensomotorischen Operationen bzw. von "motor program units" eher Techniken der (experimentellen) Verhaltensmanipulation im Vordergrund; dabei werden indirekt aus manifestem Verhalten/Handeln Indikatoren für die Struktur und Veränderung interner Repräsentationen abgeleitet, ohne daß empirische Begriffsbildungsprozesse entscheidungstheoretisch exakt modelliert werden könnten. Dagegen versucht KÖRNDLE (1983) einen direkten Zugang zur strukturierten, internen Bewegungsrepräsentation als operativem Abbild eher aus der "Innensicht" des Lernenden zu gewinnen. Hierbei werden in Selbstkonfrontations-Interviews (KALBERMATTEN 1982; 1984) und im feature-rating (vgl. KRAUSE 1979) gewonnene Daten zu ex post klassifizierten physikalischen Parametern in Bezug gesetzt, die das manifeste Verhalten im Zuge einer sensomotorischen Lernaufgabe (hier: Pedalo-Fahren) abbilden. Beide Variablensätze weisen einen hohen linearen Zusammenang auf. Die Interview-Daten legen die Annahme basaler Einheiten (z.B. Trajektorien) und diese verknüpfender Regeln (z.B. "beide Füße fest auf die Trittplatte legen" bzw. "Gleichgewicht halten") nahe, die in einer nach Abstraktheit/Generalität versus Konkretheit/Spezifität gegliederten Hierarchie

über- und untergeordneter motorischer Schemata angeordnet sind, wobei untergeordnete Schemata mitsamt der ihnen inhärenten Regeln für die nächst höhere Ebene als basale Einheiten fungieren (zum hier benutzten Schema-Begriff vgl. ZIMMER 1982 a, 1983, 1984 a, 1984 b, 1984 c sowie KÖRNDLE 1983, S. 22, S. 110).

Auch hier zeigt sich, daß die Repräsentationsstruktur sich im Laufe des Lernprozesses verändert. Einerseits scheint es zur Ausbildung von Regeln zu kommen, die eine konstruktive Gruppierung basaler Einheiten im Hinblick auf die Lösung der Bewegungsaufgabe bewirken (KÖRNDLE 1983, S. 111). Andererseits werden basale Einheiten und Konstruktionsregeln des Schemas zunehmend abstrakter und generalisierter gefaßt, womit sich auch die Invarianten des operativen Abbilds der Bewegung verändern (KÖRNDLE 1983, S. 115), was nicht ohne Einfluß auf die (kognitive) Ansteuerbarkeit und die Transferierbarkeit mancher Detailoperationen in einen anderen Aufgabenkontext bleibt.

Die Ausgliederung strukturbestimmender Komponenten ausführungsleitender Bewegungsvorstellungen in Gestalt von sensomotorischen Operationen, motorischen Programmeinheiten, Operationsregeln o.ä. und ihre Identifizierung mit manifesten Verhaltensmerkmalen zu Operationalisierungszwecken scheint mittels der skizzierten experimentellen bzw. quasi-experimentellen Vorgehensweisen grundsätzlich möglich. Der Begriff der Repräsentationseinheit (des propositionalen "Konzeptbausteins") erweist sich dabei allerdings als in mehrfacher Hinsicht kontingent. Er ist je nach spezifischer Aufgabenstellung, methodischer Zugangsweise und aktuellem Lern- bzw. Könnensstadium im Verlauf des Aneignungsprozesses unterschiedlich zu fassen. Insbesondere ist die Zuordnung semantischer Repräsentationseinheiten zu Strukturkomponenten der Bewegung weder mit einem rein bewegungsanalytischen Zugriff, noch mit aktuellen Modellansätzen zur neuromuskulären Bewegungskontrolle zu leisten (vgl. auch STELMACH/DIGGLES 1982). Was schließlich die "top-down"-Modellierung sensomotorisch relevanter Informationsverarbeitungsprozesse im Rahmen kognitionspsychologischer Ansätze angeht, so gilt auch hier ungeachtet des erwiesenen Einflusses von Kognitionsvorgängen auf neuronale Funktionsprozesse für die Bewegungsforschung die Einschätzung von STELMACH/DIGGLES (1982, S. 85): "..., the interface between these two aspects of movement (i.e. der kognitive und der neuronale; K.B.) represents a sizable hiatus in the research and theorizing of motor control."

Formal-entscheidungstheoretische Verfahren zur - wiederum indirekten - Er-

fassung interner Repräsentationsstrukturen führen dagegen, auf das Erlernen komplexer sportlicher Bewegungen angewandt, zu einer Reihe ganz anders gearteter Probleme, die diese Verfahren trotz ihrer enormen analytischen Potenz gegenüber den oben skizzierten Strukturierungsansätzen als wenig praktikabel erscheinen lassen. Solche Verfahren ermöglichen, etwa über die postexperimentelle Anpassung von Markov-Modellen an die Versuchsdaten, die nähere Bestimmung und empirische Überprüfung von Verlaufsannahmen über den Lernprozeß (Struktur des Begriffserwerbs, definiert über eine endliche Anzahl von Modellzuständen und entsprechende Übergangswahrscheinlichkeiten; vgl. ZIMMER 1983). Inhaltliche, also wohl semantische Unterschiede in der mentalen Repräsentation, die trotz formaler Einheitlichkeit so bestimmter "Bewegungsbegriffe" zu pragmatisch relevanten Differenzen bei konstruktiven Anforderungen (z. B. Transferaufgaben) führen, lassen sich durch die Struktur solcher Modellparameter nicht aufdecken. Hierzu wären Informationsverarbeitungs- bzw. Kontrollmodelle für jede einzelne Bewegungsart zu entwickeln, was wiederum Mikroanalysen voraussetzt,die für Bewegungsbegriffe, wie sie im Sport vorliegen,(noch) nicht gegeben sind (ZIMMER 1983, S. 288, S. 298).

Auch die Erstellung diskreter bzw. kontinuierlicher Lösungsgraphen als Beschreibungsverfahren der Prozeßbeobachtung (z. B. WINDEKNECHT 1964), die detailliertere Hinweise auf die Entwicklung und Strukturierung von Begriffen im Sinne "operativer Abbilder" (HACKER 1980[3]) oder auf "progressive Tiefenstrukturen" bzw. "heuristische Strategien" im Sinne von KLIX (1971, S. 721 ff, S. 742; vgl. auch VOLPERT 1983, S. 48) liefern könnten, erfordert die komplette Durchgliederung der Aufgabenstellung vor jedem Experiment ebenso wie die Ermittlung aller nur möglichen Lösungsschritte und deren Bewertung im Hinblick auf die Zielerreichung in umfänglichen Vorversuchen. Kontinuierliche Lösungsgraphen (vgl. die von THALMAIER (1979) vorgenommene systemtheoretische Formulierung des "Mondlandeproblems") erfordern darüber hinaus die Darstellbarkeit der entsprechenden Zielbewegungen durch lösbare Differentialgleichungen; die Schwierigkeiten, dies für reale großmotorische Bewegungen mit ihrer Vielfalt an anatomischen und neuromuskulären Freiheitsgraden zu leisten, sind in der Auseinandersetzung mit den Arbeiten HATZEs hinreichend deutlich geworden (vgl. HATZE 1976 a, 1976 b, 1978, sowie BÖS/MECHLING 1983, S. 42).

Grundsätzlich verbleibt für systemtheoretische Analysen der sensomotorischen Verhaltensorganisation und der Struktur entsprechender gedächtnismäßig fixier-

ter Verhaltenseinheiten (KLIX 1971, S. 415) neben dem Problem zeitveränderlicher Systemkomponenten (vgl. hierzu SCHWEIZER 1978) und der lernprozeßabhängigen Ausbildung ursprünglich nicht vorhandener Systembedingungen (vgl. TIMPE 1969 sowie KLIX 1971, S. 454) nach wie vor die Schwierigkeit, einerseits die Frage nach dem Zusammenhang systemtheoretisch erfaßter Parameter und psychologisch abgeleiteter Modellkomponenten komplexer kognitiver Strukturen angemessen zu beantworten (vgl. KLIX 1971, S. 454), sowie andererseits einen Zusammenhang zwischen den Modellkomponenten und den physiologischen Teilsystemen sensomotorischer Koordination herzustellen, die die realen organismischen Zustandsveränderungen bewirken (KLIX 1971, S. 450). Zur Diskussion der verschiedenen zuletzt skizzierten Ansätze vgl. auch KÖRNDLE (1983, S. 106 ff, S. 128 ff).

2.1.2.2.2. Zur Bezeichnung von Teileinheiten - das Denotationsproblem

Die einmal aufgefundenen und definierten Bedeutungseinheiten bzw. die entsprechenden sensomotorischen Operationen sind nun in einer für die empirische Abfrage (Kontrolle und Bewertung) geeigneten Weise zu kodieren, so daß ein mittelbarer Zugriff zur mentalen Repräsentation dieser ausführungsleitenden kognitiven Plankomponenten u.U. auch unabhängig von der tatsächlichen Bewegungsausführung möglich erscheint (z.B. zeitlich vorangestellt). Die Kodierung kann durch die Probanden erfolgen oder vom Versuchsleiter bzw. durch ein Testverfahren vorgegeben sein. Die Bezeichnungen verschiedener Konzeptualisierungen und Bedeutungseinheiten sollten dabei eindeutig voneinander abzugrenzen sein. Ebenso sollte eine eindeutige Beziehung zwischen Zeichen und Bezeichnetem gegeben sein, wobei als Referenzebene aus bereits angegebenen Gründen die Bewegungsrealisation zu gelten hat.

Dabei ist allerdings der Unterscheidung von "Zeichen" einerseits und "Marken" (verschiedene Objektivationen bzw. Realisationen desselben Zeichens) andererseits in hinreichendem Maße Rechnung zu tragen (vgl. GOODMAN 1973, S. 139). Beabsichtigt ist immer die Identifizierung bzw. Registrierung von Konzepten ("Operationen") und konzeptuellen (propositionalen) Verknüpfungen ("Relationen" von Operationen in Bezug aufeinander und in Bezug auf den physikalischen Realisierungskontext), wie sie durch Instruktion vorgegeben oder vom Lernen-

den selbstorganisierend entwickelt worden sind. Hierbei geht es durchweg um prinzipielle Klassifikationen konkreter "Marken" entsprechend ihrem kategorialen Charakter.

Es ist daher wichtig, überflüssige bzw. unzutreffende Merkmalsattribuierungen zu vermeiden, wie sie insbesondere mit einer zu engen Orientierung an einer Bewegungsrealisierung (z. B. biomechanische Bewegungsanalyse) oder an analogen Repräsentationsformen einhergehen können. Diese sind nicht nur als syntaktisch dicht[)] anzusehen, sondern verschmelzen i.d.R. die Konkretion des sensomotorischen Konzepts mit solchen sensomotorischen Verhaltenskomponenten, die die Leistungen personinterner feedback-basierter Ausführungskontrollen repräsentieren, von der konzeptuellen Ebene jedoch funktionell und analytisch (nicht unbedingt physiologisch) strikt zu trennen wären. Dieser Vorbehalt gilt darüber hinaus insbesondere solchen Methoden, die sich z. B. mit Bezug auf Carpenter-Effekte o.ä. elektromyographischer Verfahren bedienen. Aber auch die von KÖRNDLE (1983) als Außenkriterium herangezogenen physikalischen Daten (gemessene Reaktionskräfte) zeigen kontinuierliche Übergänge zwischen denen mit unterschiedlichen Stadien der Begriffsrepräsentation identifizierten dynamographischen Charakteristika. Erst eine Rausch-Reduktion durch Extremgruppenbildung erlaubte hier eine Zuweisung von unterschiedlichen physikalischen Datenmustern zu kognitiven Begriffs- und Regelbildungen. Zum Verhältnis normgebender Zielvorgaben und selbsttätiger Regelungen bei der i.e.S. "motorischen" Informationsabgabe auf der Grundlage kaskadenartiger Verschaltungen der unterliegenden physiologischen Strukturen vgl. im übrigen HENATSCH (1976 a, S. 204, S. 223), sowie DAUGS/BLISCHKE (1984, S. 409 ff).

Die Verwendung syntaktisch artikulierter, digitaler Symbolsysteme (z. B. Sprache, Text, Notation, mengentheoretischer Kalkül) im Rahmen entsprechender Objektivierungen birgt hingegen mit ihrer seriellen (linearen) Anordnung von Denotationen und Verknüpfungen in der daraus notwendig sich ergebenden Konstituierung von Interpretationsebenen die Gefahr der Über- oder Unterdeterminiertheit; dies gilt vor allem immer dann, wenn es aus bewegungsfunktionalen Gründen geboten scheint, absolute Positionen anzugeben und das Verhältnis einzelner motorischer Komponenten oder physikalischer Elemente zueinander in einem kontinuierlichen Verlauf präzise darzustellen (vgl. GEBAUER 1984, S. 145, S. 148 f).

[)] Syntaktisch dicht ist ein Zeichensystem dann, wenn es unendlich viele Zeichen bereitstellt, die so geordnet sind, daß zwischen zwei Zeichen immer ein drittes angeordnet werden kann. In diesem Fall kann nicht entschieden werden, ob eine Marke zu einem und nicht eher zu vielen Zeichen gehört. Ein solches Zeichensystem ist daher nicht endlich differenziert (oder artikuliert).

Zwar kann nach KLIX (1980, S. 134 f) jede anschauliche Repräsentation einer Erfahrung durch eine begrifflich-logische Merkmalsrepräsentation (z. B. als prädikatenlogische Struktur) dargestellt und diese Art der Repräsentation als gedächtnispsychychologische Realität aufgefaßt werden. Zumindest im Fall stationär fixierter zwischenbegrifflicher Relationen (dies sind i.d.R. durch Wahrnehmung aufgenommene Objektbeziehungen wie örtliche, zeitliche, instrumentelle etc. Relationen) hängt deren Identifizierung jedoch ganz wesentlich vom Kontext ab. Operative Verknüpfungen dagegen (also vor allem Merkmalsvergleiche) werden im Gedächtnis prozedural aktualisiert. Auch die sprachlichen Denotationen stationär gespeicherter Begriffsbeziehungen werden somit erst im Kontext eines Textes bzw. in der Sprechsituation spezifiziert.

Vor dem Hintergrund direkter Identifizierung von Kognition mit natürlicher Sprache und Sprachverarbeitung (vgl. LANG 1984) und von Überlegungen zur zweitsignalischen Repräsentation menschlicher Handlungspläne (VOLPERT 1980[3] bzw. 1973[2], S. 37) sind auch im Sport Methoden zur Erfassung kognitiver Repräsentationen in den Vordergrund gerückt, die den Sprachproduktionsprozeß in ihre theoretische Begründung mit einbeziehen und den Probanden Themenbereiche, aber keine Begriffe vorgeben (Selbstkonfrontationsinterview). Abgesehen von den bereits von VOLPERT (1980[3] bzw. 1973[2], S. 79) hervorgehobenen prinzipiellen Grenzen der sprachlichen Kodierbarkeit von Ablaufcharakteristika und Handlungsbestandteilen (dies gilt vergleichbar für alle digitalen Symbolsysteme; s.o.), sind hierbei einerseits Beschränkungen/Verzerrungen durch die Spanne des kinästhetischen Gedächtnisses und entsprechende Interferenz- und Zerfallsprozesse einzukalkulieren; andererseits können natürlich aufgrund der zwischen Akteur und Interviewer liegenenden Sprachproduktions- und Kommunikationsprozesse Interviewaussagen nicht als Abbilder von Kognitionen im wörtlichen Sinne verstanden werden (KÖRNDLE 1983, S. 131). Dies wird vor allem dann zum Problem, wenn Interviewer und Akteur sich hinsichtlich ihrer verbalen Kompetenz deutlich unterscheiden, oder wenn der Akteur sich nicht hinreichend differenziert auszudrücken vermag, also noch keine - aufgabenspezifischen - "Handlungssuperzeichen des Vollzuges" (VOLPERT 1980[3]) ausgebildet hat, oder diese (bzw. ähnliche, die im Stadium des Bewegungsneulernens nicht selten substituierend eingesetzt werden) noch nicht verbal kodiert sind (z. B. bei Kindern). Auch LANG (1984) weist darauf hin, daß etwa qualitativ begriffliche Befindlichkeitsdifferenzierungen der natür-

lichen Sprachproduktion nicht selten vorausgehen, oder daß Verbalisationen sich gegenüber ihrem Signifikandum verselbständigen können: "The point is that verbalizations cannot be unambigously accorded the status of cognition, and other interpretations remain equally plausible" (LEVEY/MARTIN 1983).

2.1.2.2.3. Zur Reduzierung von Entscheidungsspielräumen - das Kriterienproblem

Jede Form der Operationalisierung von Bewegungsvorstellungen ist also mit Entscheidungsspielräumen behaftet. Diese betreffen neben der Vorgabe einer angemessenen Strukturierung des Rahmenkonzeptes in seiner Gesamtheit bei einer empirischen Abfrage immer auch die Festlegung von Kriterien, anhand derer entschieden werden kann, ob bestimmte lern- bzw. ausführungsrelevante Bedeutungseinheiten oder Relationen innerhalb dieses Rahmenkonzepts tatsächlich vorliegen (Ja; gelernt; reproduziert) oder nicht (Nein; nicht gelernt; nicht reproduziert). Diese Entscheidungsspielräume erwachsen dabei einerseits aus der allgemeinen Natur des Gegenstandes und sind andererseits durch die Struktur des jeweils als Folie für eine bestimmte Operationalisierung verwendeten Zeichensystems (Informationsmodalität) gegeben. Letzteres gilt selbstverständlich auch für operationalisierte Zugriffe zur Bewegungsrealisierung (ikonische Foto- und Filmaufzeichnung; diskrete Behandlung von Meßdaten ausgewählter Parameter, z. B. Reaktionskräfte; Geschwindigkeitsverläufe; Winkelrelationen; etc.) selbst, wenngleich sich hier das Validitätsproblem nicht in gleicher Schärfe stellt und die Kriterienbestimmung meßmethodisch auf physikalische Bezugsgrößen zurückgeführt werden kann.
Das konkrete Vorgehen hängt dabei wesentlich von der allgemeinen Aufgabenstellung (z. B. "grundsätzliches Erfassen eines Bewegungsmusters" vs. "exaktes Differenzieren unterschiedlicher dynamischer Charakteristika"; Grad der Genauigkeits- und Stabilitätsanforderungen; Beschränkung auf allgemeine Aspekte wie "Bewegungsrichtung" gegenüber der Frage nach detaillierter Abfolge von Teilbewegungen; etc.), vom Lerngegenstand (Bewegungsaufgabe, z. B. großmotorische Gymnastikbewegung vs. feinmotorische Trackingaufgabe mit Antizipationsanforderungen), von der Aufbereitung des Instruktionsmaterials und natürlich vom jeweiligen Erkenntnisinteresse ab. Grundsätzlich sollte jedoch der Versuch gemacht werden, die wie auch immer operationalisierte Konzeptualisierung in jedem Einzelfall wieder zur tatsächlichen Bewegungsausführung als "hartem" Außenkriterium in Beziehung setzen, und sich nicht mit dem Rekurs auf die an

Eichstichproben gewonnenen Ergebnisse zur Beziehungsstärke von Daten der Repräsentationsebene zu Daten der Realisierungsebene zu begnügen. Im Hinblick auf die Identifizierung kognitiv repräsentierter Teileinheiten der (vorab bereits bzgl. ihres Strukturgefüges definierten) Kriteriumsbewegung kann die dazu notwendige Realisierungsbewertung im einfachsten Fall analog zur didaktischen Anforderungssituation ex post z. B. anhand von Videoaufnahmen (Zeitlupe; Standbildschaltung) auf der Grundlage eines Beurteilerratings erfolgen; vereinheitlichende Entscheidungskriterien können (und sollten) zuvor unter Einbeziehung auch unterrichtspraktischer Erfahrungen (Fehlerbilder; typische Lernfehler; Fehlerketten etc.) entwickelt werden. An die Stelle binärer qualitativer Beurteilungen (vgl. etwa LEIRICH 1973) bzw. entsprechender binärer Entscheidungskriterien können auch Messungen bzw. auf der Grundlage von Messungen und korrelationsstatistischen und/oder faktorenanalytischen Verrechnungen gewonnene und als bedeutungsvoll erkannte exakte Schwellenwerte treten. Beim derzeitigen Forschungsstand auf diesem Gebiet kann jedoch auf Erfahrungen mit der Konstruktion und Leistungsfähigkeit von Instrumenten zur Erfassung der kognitiven Repräsentanz von Bewegungsabläufen und zur konzept-konformen Beurteilung von Bewegungsausführungen, oder gar auf erprobte Verfahren, kaum zurückgegriffen werden.

Das Kriteriumsproblem erhält noch eine zusätzliche Dimension, wenn man beabsichtigt, den "Ausprägungsgrad" von Bewegungsvorstellungen intra- oder interindividuell exakt gegeneinander abzugrenzen, oder die "Genauigkeit" bzw. "Differenziertheit" von Bewegungsvorstellungen quantitativ zu bestimmen. In einigen diesbezüglichen Ansätzen werden die nach einem Beurteilungsverfahren eingeordneten und bewerteten (gewichteten) verbalen Probandenäußerungen (bzw. die realisierten sensomotorischen Operationen) zur vorgegebenen Instruktion als erreichbarem Maximalwert in Beziehung gesetzt (LEIRICH 1973; UNGERER 1977[3]). Berechnet wird also ein "Informationsverarbeitungsquotient"; Basiseinheiten sind bewegungsrelevante Aussagen, syntaktischer Informationsgehalt o.ä., Größen also, die selbst zunächst nur mehr oder weniger gut abgeschätzt werden können (vgl. u.a. die Kontroverse um UNGERERs Begriff der "sensomotorischen Sequenz" als binärer Entscheidungsleistung; s. auch DAUGS 1979, S. 282, S. 284 f, S. 290 ff).

An anderer STelle (BLISCHKE/DAUGS 1976) werden vorgegebene (visuelle) Auswahlalternativen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeitsabstufung und ihrer sachlogischen Gültigkeit im Vergleich mit der (visuell-verbalen) Instruktionsvorgabe rang-

skaliert, und Rohpunktsummenwerte als Berechnungsgrundlage herangezogen. Versuche dieser Art orientieren sich also grundsätzlich am "Vollständigkeitsideal" einer Instruktionskomponente oder einer vorab bestimmten "Optimal-Lösung" und sind, in Ermangelung praktikabler Verfahren zur Bestimmung des subjektiven Informationsgehalts von (insbesondere nichtverbal kodierten) Instruktionsvorgaben einerseits und des pragmatischen Informationsgehalts von (verbalen und motorischen) Probandenäußerungen andererseits, immer auch auf Beurteilerentscheidungen zur Skalierung der Lernresultate angewiesen. Solche Entscheidungen sind dabei mitunter, etwa durch die Konstruktion von Testverfahren mit vorgegebenen Antwortalternativen, relativ weit vorgelagert und dem verwendeten Methodeninventar sozusagen "inhärent" (vgl. etwa das von BLISCHKE/DAUGS 1976 verwendete Bildkarten-Auswahl-Verfahren).

Auch der von KÖRNDLE (1983, S. 55) benutzte Ansatz des feature-ratings basiert auf der relativen subjektiven Selbsteinschätzung der Probanden je Itemvorgabe, die nachträglich ohne weitere Vorannahmen bzgl. ihres Abstandes von zwei Extremwerten anhand einer äquidistanten Skala eingestuft und damit "quantifiziert" wird. Durch den Verzicht auf eine Orientierung an Instruktionsvorgaben oder vorab ermittelten Optimalwerten gestattet dieser Ansatz im Vergleich zu den beiden zuvor diskutierten Verfahren eine quantitativ faßbare, inhaltliche Differenzierung sensomotorischer Konzeptualisierungen (ausgedrückt durch den Varianzaufklärungsanteil unterschiedlicher Items), läßt aber eine quantitative (metrische) Hierarchisierung der Probanden hinsichtlich ihrer Lernleistung aufgrund ihrer Rating-Ergebnisse ohne weitere inhaltliche Interpretationsschritte nicht zu. KÖRNDLE (1983, S. 102) z. B. muß die Lernleistung der Probanden (Gütewert) zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Lernprozeß mit jeweils unterschiedlichen, spezifischen Gewichtungen des Merkmalvektors (feature-rating) vorhersagen. Die Bedeutungen der Probandenäußerungen ändern sich also in nicht vorhersagbarer Weise.

Die mit diesem Kapitel jeder inhaltlichen Konkretisierung vorangestellten Überlegungen, insbesondere zum Denotations- und Kriteriumsproblem, stecken bereits den Rahmen ab, innerhalb dessen die klassischen Testgütekriterien (Validität, Objektivität, Reliabilität) bei der Operationalisierung sensomotorischer Konzeptualisierungen anzusteuern sind, und markieren zugleich die Grenzen solchen Bemühens.

2.1.2.3. Zur sensomotorisch relevanten Information - Überlegungen zum Gehalt überdauernder zentraler Repräsentationen von Bewegungsvorstellungen

Der Zugriff zur sensomotorischen Konzeptualisierung kann also über die kriterienbezogene, strukturierte Abbildung (Kodierung) einer Bewegungsvorstellung in einem geeigneten Zeichensystem bewerkstelligt werden. Die experimentelle Analyse dieses Abschnitts des sensomotorischen Informationsumsatzes im Lernenden verlangt darüber hinaus, sich zugleich Klarheit zu verschaffen bzgl. der kognitiven Bedeutungszuweisung, die der Lernende/Proband mit bestimmten Konzeptualisierungen bzw. mit Teileinheiten daraus verbindet. Die Frage lautet also, welche inhaltlichen Aspekte einer Bedeutungseinheit bzw. sensomotorischen Operation sind dem Lerndenden für eine erfolgreiche Bewegungsausführung/Aufgabenlösung wichtig und notwendig? Woran orientiert er seine Bewegungsausführung, und nach welchen leitenden Gesichtspunkten organisiert er den Ablauf des Bewegungsvollzugs (der Handlungssequenz) vor dem Hintergrund der Aufgabenstellung? Dies ist die Frage nach der (lern-)relevanten Information. Sie stellt sich explizit immer dann, wenn Instruktion gezielt als experimentell manipulierte Variable eingesetzt werden soll, oder wenn nach der Wirkung von Instruktion gefragt wird (z. B. Lernwirksamkeit unterschiedlicher Kodierungsformen bzw. Informationsmodalitäten; Lernoptimierung, vgl. DAUGS 1979): In der Instruktion müssen diejenigen sensomotorisch relevanten, semantischen und pragmatischen Aspekte für den Lernenden/Probanden bereits verständlich kodiert sein, aufgrund derer er sein kognitives Konzept entwirft, und anhand derer er seine Bewegungsausführung reguliert und das Ausführungsresultat (Lernerfolg) bemißt, damit ein zielgesteuerter, strukturierter Lernprozeß überhaupt erfolgen kann. Solche Aspekte können fallweise Merkmale der Aufgabenstruktur, z. B. Mehrfachaufgaben (vgl. KAMINSKI 1973; 1981), der Anforderungssituation, des Umgebungsbezugs, der Zielfunktion, des geforderten Bewegungstyps, der notwendigen Freiheitsgrade, der erwünschten Präzision, der mit der Bewertungsausführung verbundenen räumlich-zeitlichen bzw. dynamischen Verlaufsprozesse, des aktuellen Systemstatus, und vieles mehr betreffen.

Wenn auch solche Lernprozesse im Sport seit langem in großer Breite und in unterschiedlichster Weise organisiert werden, so ist doch theoretisch durchaus umstritten, welche Merkmale der Lernende letztlich als ausführungsrelevant erkennt und in ein begriffliches Bewegungskonzept überführt. Umstritten ist fer-

ner, ob solche Merkmale als semantische/pragmatische Aspekte von Lehrinformationen (Instruktionen) kodiert werden können, oder ob der Lernende sie nicht vielmehr im Zuge von Übungsprozessen im Zusammenspiel von Orientierungsvorgabe, peripherer und innersystemischer Rückmeldung erst als Invarianten höherer Ordnung deriviert.

Zumindest im initialen Lernstadium, sowie durchgängig bei allen Formen von Lehrobjektivierungen im Sport, kommt zweifellos vorrangig der (visuellen) Fremdwahrnehmung entscheidende Bedeutung zu. Die Nutzung der Eigenwahrnehmung dagegen setzt eine für eine gefahrlos gelingende und zumindest aufgabennahe Realisierung hinreichende sensomotorische Konzeptualisierung bereits voraus. So stellt sich die Frage nach den Bedingungen und den Prozessen der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung posturaler Leistungen (Krafteinsätze; Einstellung von Längen-Spannungsparametern der Muskulatur) und räumlicher Bewegungsmerkmale (z. B. Körperwinkel-, Längen-, Lage-, und Positionsmerkmale) und ihrer Relationen zu verschiedenen Zeitpunkten, sowie zeitlicher und raumzeitlicher Bewegungsmerkmale (z. B. Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten, Beschleunigungen), und ihrer Bedeutung für die Ausbildung personinterner, ausführungsleitender kognitiver Konzepte bis letztlich zur Realisierung. So postuliert RUSSEL (1976) z. B. die zentrale Speicherung räumlicher Lokalisationsparameter auf der Basis visueller sowie kinästhetischer Information unter Bezug auf LASHLEY (1951) und MACNEILAGE (1970; 1973), die als Grundlage für die Erstellung neuronaler Kommandos zur Verringerung der Diskrepanzen zwischen aktuellen und intendierten räumlichen (End-)Positionen der Gliedmaßen dient. Auch SMITH/SMITH (1962) begreifen im Rahmen ihrer "neurogeometrischen" Theorie der Wahrnehmung und Bewegung die Organisation und speicherungsfähige Konzeptualisierung weniger in zeitlich kodierten, als in differential-räumlichen Mustern; letztere werden in erheblichem Maße generalisiert und damit z. B. gegenüber räumlichen Feedback-Verzerrungen stabil, zeitliche Feedback-Verzerrungen hingegen beeinträchtigen die Realisierung in erheblichem Maße. Daneben formuliert PRINZ (1984) eine "Theorie der ideomotorischen Isomorphie" unter der Annahme der Kommensurabilität von Wahrnehmung und Bewegung auf der Zeitdimension. Experimente von JOHANSSON (1973, 1976) wiederum weisen auf die Bedeutung von Parametern wie Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit unabhängig von zumindest räumlichen Parametern hin, die besonders in Anlehnung an die "Ökologische Optik" ("Invarianten höherer Ordnung"; GIBSON 1982) in Zusammenhang mit der visuellen Fremdwahrnehmung im Sport thematisiert wurden (LEIST 1983).

2.1.2.3.1. "Lernrelevante Information" didaktisch reformuliert als erinnerte und wiedererkannte Bedeutung

Die empirische Datenbasis, aufgrund derer eine Positionsbestimmung versucht werden könnte, ist äußerst dünn. Experimentelle Studien, die den Zusammenhang von Umgebungseigenschaften und Wahrnehmungsleistungen einerseits und von motorischen Aktionsmustern andererseits unter dem Gesichtspunkt von Wiedererkennensprozessen zum Gegenstand hätten, fehlen nahezu völlig. Solche Prozesse sind essentiell bei der (gedächtnisbasierten) Rekonstruktion von Bewegungsabläufen, gleichgültig, ob dies nur rein kognitiv (mentales Vorstellungs-"bild"), in objektivierter Form (als operationalisiertes Konstrukt), oder im realen Bewegungsvollzug geschieht. Wiedererkennen setzt Gedächtnis voraus und ist zu verstehen als die Identifikation der Äquivalenz mehrerer informationeller Strukturen: der perzeptiv vermittelten (Instruktion; Objektivation; Realisation), der intern gespreicherten, gedächtniseigenen (sensomotorisch relevante Invarianten), der motorisch produzierten[)] (letzteres jedoch wohl nur insoweit, als eine Äquivalenz physiologisch zwingend erscheint, und nur dort, wo Identifikation als zentrale, "kognitive" Leistung angenommen werden muß). Zumindest sofern Denotationsvorgänge oder Leistungen qualifizierter Fremdwahrnehmung von Bewegungen eingeschlossen sein sollen (Lernen; Korrigieren; Beurteilen), schließt Wiedererkennen damit auch die Identifizierung von Bedeutung ein. Die Vernetzung der gedächtniseigenen, bewegungspezifisch informationstragenden Struktur mit anderen Gedächtniseinheiten gestattet es, den Bedeutungsgehalt der zu erkennenden (zu beurteilenden) Information auszuschöpfen. Bedeutungserkennung ist damit keine Besonderheit der Information, sondern ihrem Wesen nach Konstatierung einer Äquivalenzfunktion (vgl. KLIX 1980, S. 122,129). Äquivalenzfunktionen können nun allerdings erlernt werden - über die Grenzen von Modalitäten von Sinnesorganen und Zeichensystemen hinaus ebenso wie zwischen den von unterschiedlichen (Betrachtungs-)Standorten aus aufgespannten/konstituierten Erfahrungsräumen oder -welten ("Innensicht"-"Außensicht"; Subjekt-Objektperspektive), und auch unterschiedliche Bezugssysteme (egozentrisch-exozentrisch) übergreifend.

[)] neuronale Impulsmuster und deren muskelphysiologischen und biomechanisch greifbaren Entsprechungen

2.1.2.3.2. "Wiedererkennen" als Brücke zwischen "Außensicht" und "Innensicht"

Deshalb erscheint auch ein Plädoyer für eine ausschließliche Orientierung an der "Innensicht" des Handelnden (LEIST/LOIBL o.O.o.J.) und am Konzept der "Ökologischen Wahrnehmung" als zumindest mißverständlich. Was im Hinblick auf eine erfahrungs- bzw. erlebnisgeleitete Ausgliederung (Konstruktion) von Handlungseinheiten und deren strukturierte Niederlegung in (nun wiederum den als geschlossen aufgefaßten Wahrnehmungs- und Handlungsraum organisierenden) "Aktionsschemata" (vgl. auch ZIMMER 1982 b; 1984 b, S. 6) noch durchaus diskussionswürdig erscheint[)] (dies ist aber ein Aspekt des Strukturierungsproblems; vgl. 2.1.2.2.1.), kann hinsichtlich jener Organisationsmerkmale nicht mehr verfangen, die Bewegungen sowohl aus der Außen-, als auch aus der Innensicht, oder auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten als "gleich" erkennen lassen.

Solche gegenüber Zeit, Beobachtungsperspektive und Modalität des Zeichenträgers invarianten Organisationsmerkmale, die natürlich aufgrund interindividuell generalisierbarer (und im Vergesellschaftungsprozeß immer auch generalisierter) Erfahrung die für eine Bewegungsausführung relevanten Steuerungsmerkmale innersystemischer und umgebungsbezogener Art be-deuten, mögen je nach der gewählten Darstellungsfolie keine optimale Instruktionsgrundlage abgeben[))], oder auch im Hinblick auf spezifische Handlungsanforderungen (Ausführungsgüte; Stabilität in Mehrfachaufgaben, z. B. in komplexer Spielsituation; vgl. LEIST/LOIBL o.O.o.J.) nicht hinreichend sein bzw. eine erwünschte kognitive Regelgeneralisierung erschweren und damit Transferleistungen behindern (vgl. ZIMMER 1983); jedenfalls sind sie notwendiger Bestandteil jeder Konzeptualisierung und sicherlich geeignet, in definierbaren Grenzen sensomotorische Konzeptualisierungen zu objektivieren.

[)] Allerdings wäre es wünschenswert, hier Vorgänge der Ontogenese und der Aktualgenese analytisch deutlicher zu unterscheiden, soll die Organisation von Lernprozessen nicht mit Individualgeschichte zusammenfallen; auch findet bei aller Akzentuierung der situativen Variabilität der verschiedenen handlungsgenerierenden System- und Zielebenen (nicht zuletzt auch hinsichtlich ihres hierarchischen Verhältnisses) die unbestreitbare Notwendigkeit der Realisierung zeitlich-sequenzieller Abfolgen mehr oder weniger universell einsetzbarer Basiseinheiten der Bewegung in Form relativ starr festgelegter "Ablaufgestalten" (gerade im Sport und bei Arbeitsabläufen), also der Prozeßaspekt der konkreten Bewegungsproduktion, nicht genügend Beachtung. Vgl. hierzu auch VOLPERT 1984.

[))] - für sich allein genommen!-

Keinesweg wird also behauptet, "handlungswirksame Vorstellungen lägen in Form kinematisch gefaßter Einheiten vor" (LEIST/LOIBL o.O.o.J., S. 14). Wohl aber können (mit welchem Aufwand auch immer) die aus der "Innensicht" produktionsrelevanten Merkmale (sensomotorisch relevante Informationen) sprachlichen, kinematischen und figurativen o.ä. Darstellungen assoziiert und von dort auch wieder in das egozentrische Bezugssystem zurücktransformiert werden. Dies wird ja auch von den von LEIST/LOIBL reklamierten Vertretern ökologischer bzw. schematheoretischer Ansätze nicht in Frage gestellt, und zweifellos wurden und werden Bewegungsabläufe in verschiedensten Lebensbereichen und im Sport, systematisch oder habituell, mit Erfolg aus der "Beobachtersperspektive" gelernt. Fraglich ist lediglich, in welchem Ausmaß operative Vorstellungsmerkmale transformiert und also ohne eigene sensomotorische Übungsprozesse (kognitiv) generiert bzw. (re-)konstruiert werden können; und fraglich ist weiter, für welche Bewegungsklassen bzw. Handlungsanforderungen welche Instruktionsformen besser geeignet sind (Zweifellos stehen bei Überlegungen zur Effektivierung von Lehr-Lern-Prozessen immer auch Fragen der Persönlichkeitsstrukturentwicklung und damit "Menschenbilder" zur Debatte - was ist in welcher Hinsicht "ökonomisch"?). Auf diesem Wege lassen sich handlungswirksame "Schemata", "Konzepte", oder Bewegungsvorstellungen natürlich auch anhand geeigneter Bewegungsablaufdarstellungen ins Bewußtsein rufen, sei es, daß einzelne Darstellungsmerkmale in ihrer Bedeutung als Zeichen für vorstellungsmäßig niedergelegte sensomotorische Handlungs- bzw. Basiseinheiten erlernt worden sind, sei es, daß das sensomotorische System solche Einheiten in geeigneter Verknüpfung (einschließlich der von LEISTL/LOIBL apostrophierten "Wahrnehmungserwartungen") aufgrund der Identifizierung entsprechender Orientierungsmarken selbstorganisierend mittels der Aktivierung relativ autonomer "koordinativer Strukturen" (TURVEY 1977) generieren kann. Diese letztere Annahme impliziert eine weitghende Entlastung des Systems von der Speicherung "motorischer Programme" bzw. feedbackbasierter "Wahrnehmungsspuren" (Speicherproblem!), und ist zugleich durchaus kompatibel mit der Vorstellung, im eigentlichen Sinne "kognitive" Gedächtnisinhalte (Fakten, Zuordnungen, Regeln, Schlußfolgerungen, usw.) von Fall zu Fall variabel einspeisen zu können; so ließen sich je nach Kenntnisstand und kognitiver Strategie, aber auch in Abhängigkeit von der "Generierungsfähigkeit" der sensomotorischen Subsysteme, die sich natürlich im Verlauf von Lern- und Übungsprozessen verändert, aus den gleichen Orientierungsmarken im semantischen Gedächtnis Konzeptualisierungen unterschiedlicher Reichweite erzeugen, und entsprechend unterschiedliche Transferleistungen erklären (vgl. exemplarisch die diesbezüglichen Experimente von JUDD, 1908, ZIMMER, 1983, und KÖRNDLE, 1983). Sol-

che "Schemata" im ZIMMER`schen Sinne, also kognitiv elaborierte sensomotorische Konzeptualisierungen, beruhten damit nur in sehr geringem Maße auf bewegungsspezifischem Gedächtnisbesitz, und müßten auch nicht als überdauernd abgespeichert gedacht werden. Was hingegen die aktuelle sensomotorische Koordinationsleistung in der konkreten Handlungssituation angeht (man denke an die charakteristischen Unterschiede zwischen Anfängern und Könnern etwa im Skilaufen oder beim Segeln), so ist dies vielleicht weniger mit der Ausbildung kognitiver Handlungsschemata zu begründen, als vielmehr mit einer zunehmend effizienteren Arbeitsweise und wechselweisen Verschaltung der verschiedenen sensomotorischen Substrukturen untereinander auf der Basis einfacher neuronaler line-labeling-Prozesse.

2.1.2.3.3. Die "Topologie" der Bewegung als Äquivalenzkriterium

Welches sind also Äquivalenzklassen von Bewegungen denotierenden Merkmalen, deren regulative Bedeutungen im semantischen Gedächtnis eingetragen werden können, und ggf. zu Objektivierungszwecken in die "Außensicht" zu überführen wären?

Läßt man die für peripheres und innersystemisches Feedback konstitutiven Signalebenen einmal beiseite[)], und akzeptiert man die Vorstellung einer komplementären Rollenverteilung von zentraler Programmierung (feedforward) und feedback-basierten Korrekturmechanismen (concurrent control), die Bewegungsinitiierung und -kontrolle gleichermaßen in einer kooperativen, nichthierarchischen Weise bewerkstelligen können (PAILLARD 1980, S. 272; vgl. auch die von DAUGS/BLISCHKE 1984 angeführten Befunde zum flexiblen Ineinandergreifen von motor-hold- und motor-move-System), so ist es sicherlich rich-

[)] Die hiermit angesprochenen regulativen Leistungen sind immer bewegungsbegleitend; d.h. sie setzen die uns interessierenden konzeptuellen Identifikations- und Auswahlentscheidungen in einem beträchtlichen Ausmaß bereits voraus. Eine Objekteintragung im Gedächtnis muß nicht angenommen werden; vielmehr können die zur Bewegungsregulation notwendigen informationellen Anhaltspunkte aufgrund zwar bewegungsrelevanter, aber konzeptunspezifischer (also nicht an bestimmten Bewegungsabläufen festgemachten) Regeln aus dem aktuellen Wahrnehmungsraum "herausgeschält" werden (vgl. etwa die Leistung des Entfernungsschätzens anhand von Fließmustern im peripheren Blickfeld, wie sie beim Landeanflug von Piloten, bei der Auslösung des Einnehmens von Bereitschaftspositionen etwa bei der Ballannahme, oder beim Eintauchen ins Wasser aus unterschiedlichen Höhen eine Rolle spielen; LEE 1984).

tig, die Grundlage der Gedächtnisrepräsentation in der Topologie einer Bewegung, also in ihrer räumlich-zeitlichen Geometrie zu suchen (vgl. BERNSTEIN 1935, 1967; VIVIANI/TERZUOLO 1980; PEW 1984, S. 21).

Damit wäre eine Merkmalsebene gefunden, die einerseits abstrakt genug ist, Transformationen invarianter Strukturen aus der Eigenwahrnehmung in die Beobachterperspektive undin symbolische Zeichensysteme und wieder zurück in das egozentrische Bezugssystem zu gestatten, die aber andererseits spezifisch genug ist, bestimmte Bewegungen sowohl hinsichtlich ihrer sequenziellen Ablaufstruktur als auch hinsichtlich ihrer heterarchischen Ziel- bzw. Aufgabenstruktur ("Handlungsplan"; "Schema") trotz aller dort anzusiedelnden Substitutionsflexibilität jeweils als "dieselben" bzw. als "identisch" oder äquivalent (substantially similar, PEW 1984) zu erkennen.

Wenn auch als gesichert gelten kann, daß eine solche zentrale Repräsentation nicht in Gestalt von auf einzelne Muskeln bezogenen Kommandos vorliegt, so ist andererseits noch nicht bewiesen, daß die Topologie einer Bewegung durch ihre räumlichen Wege (Trajektorien) oder ihre Ziel- bzw. Richtungsänderungspunkte spezifiziert ist. Es gibt jedoch eine Reihe von experimentellen Befunden, die es sinnvoll erscheinen lassen, dieser von BERNSTEIN (1967) entwickelten Vorstellung auch weiterhin nachzugehen.

2.1.2.3.4. Ein räumliches Koordinatensystem als operative Grundlage für Informationsspeicherung und -abruf bei komplexen erlernten Bewegungen

So besagt die (an Sprechbewegungen experimentell untersuchte) "Target-Hypothese" von MACNEILAGE (1979), daß der Zielort im Gedächtnis als Spezifikation eines Punktes im räumlichen Koordinatensystem kodiert sei und die einzige zur Generierung neuer bzw. zur Reproduktion gelernter Bewegungen notwendige spezifische Information darstelle (vgl. MACNEILAGE/MACNEILAGE 1973, S. 434). RUSSEL (1974 a, 1974 b, 1976, S. 81) kommt aufgrund seiner Versuche mit linearen Positionierungsaufgaben zu dem Ergebnis, daß weder neuronale Innervationsmuster, noch sensorische Konsequenzen vorangegangener oder aktueller Bewegungen für die Produktion und Ausführungskontrolle genauer Zielbewegungen

nötig seien. Vielmehr besorgt seiner Meinung nach ein nicht näher spezifizierter neuronaler bzw. koordinativer Mechanismus die Verringerung der Diskrepanz zwischen aktueller (neuer) Ausgangsposition und zentral gespeicherter räumlicher (Ziel-)Position. Dieses Konzept wird hinsichtlich der drei großen Probleme motorischer Theorien (Speicherproblem; Neuigkeitsproblem; Fehlererkennungsproblem) als Ausweg aus der Kontroverse zwischen open-loop und closed-loop Modellen propagiert.

War die Natur jenes "Diskrepanz-Verringerungs-Systems" zunächst sehr unklar, und mußten einige diesbezügliche Vorstellungen (vgl. MERTON 1972, SUSSMAN 1972) revidiert werden, so haben die Arbeiten der Forschungsgruppe um E. BIZZI und von R. A. SCHMIDT hierzu Klärungen geschaffen, die die Target-Hypothese als funktionalen Erklärungsansatz für eine bewegungsspezifische Invariantenselektion und -repräsentation beizubehalten nahelegen: Hiernach wird für unidirektionale Bewegungen eine Zielposition (target location) spezifiziert, die durch einen Gleichgewichtspunkt (-zustand) zwischen Agonisten- und Antagonistenspannung definiert ist[)]. Zeit (etwa als "Phasing" der Beschleunigungs- und Bremsphase einer unidirektionalen Bewegung) ist überhaupt nicht repräsentiert, sondern vielmehr direktes Resultat der zur Zielpunkterreichung nötigen "Energiefreisetzungs"-Funktion ("mass-spring"-Modell). Bei komplexen, multidirektionalen Bewegungen hingegen bestimmt die relative Zeitinvariante ("Phasing") die einzelnen Zeitpunkte, zu denen jeweils neue Equilibrumpunkte für die einzelnen Trajektorien (Bewegungsabschnitte) zu spezifizieren (vgl. SHAPIRO 1977, 1978, SCHMIDT 1980))[)] sind. Phasing hielte al-

---

[)] Anhand von an Affen durchgeführten EMG-Studien bei Hand- und Kopfbewegungen zu sichtbaren Zielen folgert BIZZI (1980, S. 140): "... movements are at the simplest level transitions in posture" und belegt ortsbezogene Voraus-Programmierungen der betreffenden "coordinative structures".

[)] "..., we argue that an initial equilibrum point is specified that is far beyond the actual reversal point, and this action is initiated. After the flexors have been in action, the program specifies exactly when this equilibrum point should be abandoned, and when a "new" one "behind" the limb in the direction of extension shoud be adopted. The limb slowes, reverses its direction, and excellerates toward this "new" equilibrum point. ... In multi-directional movements, such as those used by ARMSTRONG (1970) and SHAPIRO (1977, 1978), the role of phasing would be to define wen each of a series of equilibrum points would be specified and their findings are also in keeping with this hypothesis" (SCHMIDT 1980, S. 162).

so im Zusammenspiel mit einer richtungs- bzw. ortsspezifischen, aber jeweils überschießenden Längen-Spannungs-Einstellung der relevanten Muskel-Sehnen-Abschnitte nicht nur das zeitliche, sondern gerade auch das räumlich-geometrische Verhältnis von End-, Umkehr- und Richtungswechselpunkten komplexer Bewegungen zueinander invariant (Topologie der Bewegung). Diese Interpreation steht auch im Einklang mit den Ergebnissen von VIVIANI/TERZUOLO (1980) zur Raum-Zeit-Invarianz erlernter motorischer Fertigkeiten, und von VIVIANI (1984) zur Segmentierung und Kopplung bei komplexen Bewegungen.

Letztere Autoren verstehen die beobachtete Invarianz räumlicher und zeitlicher Relationen von Abschnitten nichtrestringierter, kontinuierlicher Bewegungen nicht lediglich als Konsequenz räumlicher Faktoren alleine, sondern als generelles Organisationsprinzip komplexer erlernter Bewegungen. Sie gehen dabei von einer einzigen zentralen Repräsentation für verschiedene Ausführungsvarianten aus, die konstante Beziehungen in der Zeitstruktur sukzessiver motorischer Kommandos gewährleistet, um die Kontinuität und Einheitlichkeit der gesamten Aktion (Bewegung) auch angesichts endogener und umgebungsbedingter Einflüsse sicherzustellen (VIVIANI/TERZUOLO 1980, S. 533). Diesen Autoren zufolge spezifizieren räumliche Aspekte der Bewegung (z. B. in Gestalt der von ihnen experimentell nachgewiesenen Relationen zwischen Geschwindigkeit und Form von Schreibbewegungen) diese zentrale Repräsentation und bringen in Verbindung mit dem skizzierten allgemeinen Organisationsprinzip notwendig "homothetisches" Verhalten im Sinne einer "motor-equivalence" (BERNSTEIN 1967) hervor.

Komplexität bezieht sich hier sowohl auf Richtungsänderungen desselben Körpergliedes, als auch auf die Beteiligung mehrerer Gelenkwinkeländerungen in verschiedenen Körpergliedern. Entsprechend folgert SCHMIDT (1980, S. 162) auch anhand eigener Experimente für "...movements where there is more than one joint operating... that each of the finger moves (e.g., a press down, or a pull up) is defined by an equilibrum point, but the distribution of these equilibrum points across time is defined by the phasing in the motor program", und schließt: This is a common situation in skills, since all of the joints involved in pole vaulting... must be coordinated with each other so that they move at the proper places at the proper times." Hieraus folgt wei-

terhin, daß "the actual kinematics of the limb's achieving the equilibrum point will be defined by the mechanical properties of the contracting musculatur" (ebd.), und in viel geringerem Ausmaß die Annahme von "intelligenten" Feedback-Korrekturmechanismen notwendig macht als bisher angenommen.

In einer Reihe von "switched limb"-Experimenten gelingt schließlich (in Fortführung der Target-Hypothese von MACNEILAGE und der zitierten Arbeit von RUSSEL und als Replikation der Ergebnisse einer Studie von WALLACE 1977) STELMACH/LARISH (1980, S. 168 f, S. 177) der Nachweis, daß nicht nur die nachträgliche Variation von Startposition und Bewegungsrichtung ohne einen Einfluß auf eine genaue Gliedmaßenplazierung zu zuvor erlernten Zielpunkten bleiben (visuelles und auditorisches Feedback ausgeschlossen), sondern daß diese Leistungen auch unabhängig von den für die ursprüngliche Zielpunktspeicherung verantwortlichen Bewegungen erfolgen, also die Ausnutzung gliedmaßenspezifischer, propriozeptiver Informationen und entsprechender Gedächtnisspuren (vgl. ADAMS' memory-trace-Theorie von 1971) weitgehend ausgeschlossen werden kann. Ihre Ergebnisse sind kompatibel mit den Annahmen des mass-spring-Modells, und legen eine abstrakte, bewegungs- und gliedmaßenunspezifische Repräsentation räumlicher (End-)Positionen nahe (STELMACH/LARISH 1980, S. 177, S. 180); durch die Experimentalbedingungen induzierte Richtungsfehler werden mit der gut belegten systematischen Fehlwahrnehmung/-abschätzung objektiver Referenzmarken erklärt (vgl.ebd. S. 178, und die dort angegebene Literatur).

Allerdings können STELMACH/LARISH (1980) auch zeigen, daß dieser Effekt eng mit der Funktion eines (räumlich relativ eng umschriebenen) körperbezogenen, "egozentrischen" Referenzsystems ("body reference points"; ebd. S. 168, S. 177) verknüpft sind. Können solche körperbezogenen Referenzpunkte nicht herangezogen werden (d.h. liegen die Zielpunkte außerhalb des egozentrischen Bezugssystems), wird die genaue räumliche Positionierung abhängig von (direkter) kinästhetischer Information (ebd. S. 180 f.), und ein Transfer zwischen Gliedmaßen führt nunmehr zu Leistungseinbußen (ebd. S. 178). Die wesentliche Rolle eines körperbezogenen Referenzsystems unterstreichen auch Deafferentationsstudien von BIZZI (1980, S. 139) an Affen: Einmal erlernte Zielpunkte werden nur dann programmgesteuert (bezogen auf die mit der Raumkoordinate assoziierten Längen-Spannungs-Werte der betroffenen Muskulatur) erreicht,

wenn die Tiere die relativen Positionen ihrer Gliedmaßen zum eigenen Körper kannten, oder sich durch afferentes (kinästhetisches) Feedback diese Information beschaffen konnten.

Zusammengenommen scheinen also Raumkoordinaten von Zielpunkten bzw. Richtungswechseln besonders spezifizierter, sich bewegender Stellen an Rumpf und Gliedmaßen in ihrer Relation zum körpereigenen Bezugssystem eine mögliche inhaltliche Grundlage für die interne Repräsentation von Invarianten einer spezifischen Bewegung zu bieten. Über die materielle (neurophysiologische) Grundlage dieser Repräsentation müssen an dieser Stelle keine weiteren Annahmen gemacht werden. So werden hier u.a. dzgl. frequenztheoretische (Fourier-Analyse) Modellannahmen kontrovers diskutiert (vgl. z.B. GALLISTEL 1981 und DEV 1981, sowie WOODY 1982, S. 366). Andere Autoren greifen auf mathematisch formulierte Modellansätze zur Differenzierung und zur Ausbildung oszillierender, dreidimensional geordneter räumlich-zeitlicher Muster auf interzellulärer Ebene zurück, wie sie etwa von NICOLIS/PRIGOGINE (1977, S. 410 ff, am Beispiel der Morphogenese) unter Rückgriff auf Theorien zur Beschreibung selbstorganisierender, dissipativer (energieabsorbierender) Strukturen vorgeschlagen werden (Extension des Paradigmas der Thermodynamik auf biochemische, molekularbiologische, evulotionstheoretische, usw. Probleme; vgl. hierzu auch WOODY 1982, S. 387). Daneben stehen Befunde, die eine richtungsspezifische Aktivität (Flexion vs. Extension) jeweils spezifischer kortikaler Neuronenpopulationen belegen, welche der Produktion von Zielbewegungen teilweise vorausgeht, und welche darüber hinaus exakt die räumliche Lokalisation des Bewegungsziels von der Startposition aus gesehen wiedergibt (MAURITZ 1984; GEORGOPOULOS 1984). Wenn auch nicht in Frage steht, daß das ZNS über die Möglichkeit zur Kodierung räumlicher und zeitlicher Ordnungen verfügt, so ist jedoch z. Z. nicht abzusehen, wie dieses im einzelnen geschieht (WOODY 1982, S. 335), und wie sich die "Topologie" einer Bewegung faktisch neuronal repräsentiert findet (Eine Übersicht verschiedener, sich wechselseitig ergänzender Modellierungsvorschläge findet sich bei WOODY 1982, S. 336, S. 387 f, S. 396). Auf gezielte verhaltenswissenschaftliche Experimente ist daher (noch) nicht zu verzichten.

Allerdings ist die hier diskutierte Repräsentation wohl kaum metrischer Art. So werden entsprechende Realisationen z. B. (wenn keine weiteren Spezifikationen erfolgen) in ihren räumlich-zeitlichen Abmessungen immer am individuellen

"body space" orientiert sein. Es gibt jedoch keinen Grund anzunehmen, es ließen sich via Stimulusgeneralisierung keine metrischen Merkmale attribuieren. Es macht auch keine Schwierigkeit, Bewegungen als (propositionale) Relationen zwischen körperrelativen Ortsbegriffen und Gliedmaßenbegriffen im semantischen Gedächtnis repräsentiert anzunehmen (explizite posturale Leistungen - "Bauch anspannen, wenn Faust an der eigenen Hüfte angekommen" - eingeschlossen). Denotationen und Objektivationen, die den Bezug von egozentrischem und exozentrischem Bezugssystem beinhalten, und die entsprechenden Gliedmaßenstellen ihre räumlichen Bezugspunkte (Ziel; Richtungsänderung) spezifisch zuordnen, müßten damit unabhängig von der gewählten Informationsmodalität und unabhängig von der Betrachtungsperspektive (Außen- oder Innensicht) möglich sein. Objektivation könnte damit sehr abstrakt, als Folge statischer Körperpositionen, oder als Text[)] erfolgen. Ebenso wäre ein bestimmtes "Phasing" schon eine Spezifikation, die, jeder dynamischen Präsentation inhärent, bei statischen Präsentationsformen (individuell) selbstorganisierend eingeführt wird ("self-paced movements") oder gesondert denotiert werden muß (zu den dbzgl. Schwierigkeiten vgl. 2.1.2.2.2.).Auch aus der Außensicht enthielte eine dynamische Darstellung schon weitergehende Spezifikationen, man denke an die Identifizierung geschlechtsspezifischer Lokomotionsbewegungen anhand bewegter Punktemuster (JOHANSSON 1978). Je weiter solche "spatial locations" von den "body reference points" entfernt sind, desto größere intra- und interindividuelle "Ähnlichkeits"-spielräume müssen jedoch bei Wiedererkennens-, Realisierungs- und Vergleichsaufgaben eingräumt werden. Invariant bleibt bei komplexen Bewegungen im wesentlichen das einmal implementierte "Phasing" (vgl. VIVIANI/TERZUOLO 1980); als gelernte Information transportiert werden müssen Anzahl und relativer räumlicher Bezug der denotierten Richtungsänderung bzw. Endpositionen von Bewegungsabfolgen im Gliedersystem zueinander und die zeitliche Ordnung ihrer Ansteuerung (Phasing).

2.1.2.3.5. Zum Verhältnis aktueller Selbstorganisation und zentraler Repräsentation

Im Hinblick auf die bisher entwickelte Position zum sensomotorischen Kern zentraler Bewegungsrepräsentation scheinen allerdings auch eine Reihe von

---

[)] Sinnvoll sprachlich kodiert werden können kaum absolute Raumkoordinaten, wohl aber die relative Lage zweier Richtungsänderungen zueinander und zugleich zum körpereigenen Bezugssystem.

Differenzierungen und Relativierungen angebracht:

Zunächst muß man sich nochmals den kaskadenartigen Aufbau der für die Bewegungsproduktion verantwortlichen Systeme des ZNS vergegenwärtigen (vgl. DAUGS/BLISCHKE 1984, S. 405 f, S. 509 f). Diese relativ autonomen Systeme distribuieren situationsvariabel die Führungsrolle und orientieren sich höchstwahrscheinlich an unterschiedlichen informationellen Gegebenheiten. So lassen sich nicht nur für eine Bewegung mehrere parallele, voneinander unabhängig ablaufende Spezifikations-, Programmierungs- und Kontrollprozesse identifizieren (z. B. für Endposition einerseits und Bewegungsgeschwindigkeit andererseits), die auf unterschiedliche informationelle Gegebenheiten zurückgreifen und wiederum unterschiedlichen (neuromuskulären) Systemebenen zuzuordnen sind (BIZZI 1980, S. 141, geht daher aus neurophysiologischer Sicht von einer modularen Organisation sensomotorischer Kontrollprozesse aus.), sondern man wird also auch in dieser Hinsicht(an der neuronalen Kontroll-Struktur festgemacht) unterschiedliche Bewegungsklassen und auch Erklärungsebenen gegeneinander abgrenzen müssen. Dabei sind zusätzlich noch, je nach Bewegungsklasse oder -aufgabe, Verschiebungen innerhalb der neurophysiologisch definierten Hierarchie von Subsystemen oder "funktionalen Einheiten" zu veranschlagen ".. what constitutes an element in the hierarchy may depend on the operations that define it" (CHAPPEL 1981).

So vermag auf der Ebene einfacher (singulärer) Bewegungen die Analyse der biomechanischen Eigenschaften des Bewegungsapparats und der kinematischen Randbedingungen des biomechanischen Ergebnisses schon eine hinreichende Voraussage erlauben. Auf der Ebene spinaler Kontrolle fungiert die Vorstellung von reflexiven Stimulus-Response-Ketten als passende Beschreibung eines augenscheinlich "programmierten" Verhaltens. Die Existenz autonomer, zu erheblichen adaptiven Leistungen fähiger spinaler "Mustergeneratoren" (vgl. PEW 1984, S. 23) läßt weiterhin für bestimmte, stammesgeschichtlich verankerte Bewegungsklassen (z. B. Lokomotion in ihren Variationen) globalere Erkennungs- und Abrufmechanismen denkbar erscheinen, als wie sie hier diskutiert wurden (Dies wäre auch bei der Interpretation der JOHANSSON'schen Experimente und ihrer Übertragung auf den Bereich des Neulernens artifizieller Bewegungen im Sport zu bedenken.). Daneben steht die - elektromyographisch und kinematisch gut gesicherte - Auffassung von der Existenz mehrere Gelenke übergreifender "koordinativer Strukturen" als autonomer Teilsysteme im neuromuskulären Ge-

samtsystem, deren tragendes Prinzip im biochemischen Energieumsatz zu suchen wäre, und deren Funktionsweise analog zu selbsterhaltenden, thermodynamischen oszillatorischen Prozessen beschrieben werden kann (KUGLER/KELSO/TURVEY 1980, S. 18 f). Eine solche Struktur ist nicht in erster Linie anatomisch bestimmt, sondern definiert als "Muskeln in Bewegung"[)], immer bezogen auf eine ganz bestimmte Antriebsfunktion ("forcing function") dieses dynamischen Systems. Topologisch bestimmt sind solche Strukturen durch diejenigen (nicht-linearen) Bedingungen/Eigenschaften oder Variablen, die maximale Stabilität (wohlgemerkt, der Bewegungsfunktion, etwa "Trab" oder "Galopp") bei zugleich minimalem Energieverbrauch gewährleisten (KUGLER/KELSO/TURVEY 1980, S. 28). "Koordination" bedeutet damit "strukturelle Stabilität" einer solchen Antriebsfunktion (vgl. auch die von TULLER/TURVEY/FITCH 1982, S. 263 ff, am Beispiel "Schritt", "Trab", "Galopp"" vorgenommene Exemplifizierung dieses Sachverhalts). Auch für solche Strukturen müssen die Möglichkeiten spezifischer (möglicherweise an antriebsfunktionsspezifischen Erfahrungen festgemachte), globaler und abstrakter personinterner Adressierungen, Abruf- und Wiedererkennensmechanismen offen gehalten werden, obwohl die Autoren dieses im Rahmen des von ihnen entwickelten funktionalen Erklärungsprinzips nicht für notwendig erachten. Schließlich legen die zitierten Untersuchungen von SCHMIDT (1980) den Schluß nahe, daß bei Bewegungsklassen von unterschiedlicher Komplexität Strukturinvarianten zumindest teilweise auch auf unterschiedlichen Repräsentationsfolien verankert werden.

Wenn auch die Repräsentation räumlicher Koordinaten als informationelles Bezugsgerüst für die Produktion und das Behalten von Bewegungsabläufen kaum noch strittig sein dürfte (vgl. auch GALLISTEL 1981, sowie MACKAY 1981), so legen die Befunde zur modularen Organisation der Sensomotorik und zur Bedeutung unterschiedlicher Referenzräume (STELMACH/LARISH 1980) und Komplexitätsgrade von Bewegungen (SCHMIDT 1980) jedoch nahe, für unterschiedliche Bewegungsklassen auch z. T. verschiedene Kodierungsformate auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen anzunehmen, die wiederum in sehr unterschiedlichem Ausmaß eigene (gliedmaßen-)spezifische Bewegungserfahrung und regelmäßiges "Überlernen" voraussetzen. Mit sinkender Abstraktionsstufe wären dann neben ab-

---

[)] "In sum a dissociation of power and timing and a fixed proportioning of activity characterize a set of relatively independend muscles that appear to be bound together, temporarily, as a unit" (KUGLER/KELSO/TURVEY 1980, S. 18).

strakten räumlichen und zeitlichen Bestimmungen in stärkerem Ausmaß bewegungsspezifische Afferenzen und Reafferenzen (Feedback) erforderlich und deren (wiederum regelhaft generalisierte, d.h. verallgemeinerte) Eintragung in (noch weitgehend hypothetische) Repräsentations-"Schemata" SCHMIDT'scher Provenienz anzunehmen.

Kurz gesagt, die in komplexen großmotorischen Sportbewegungen immer zusammenwirkenden sensomotorischen Funktionseinheiten auf den unterschiedlichen Systemebenen spezifizieren ihre Leistungen anhand unterschiedlicher informationstragender Gegebenheiten und auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen, und sie tun dies möglicherweise weitgehend unabhängig voneinander: "..., we should not be searching for unitary integrative concepts of a motor program: it may have different representations of different levels in the motor system" (PEW 1984, S. 26). Zahlreiche "planvoll" und "intelligent" erscheinende Leistungen werden vermutlich völlig unabhängig von kognitiven Schemabildungen erbracht. Für die Bereitstellung funktionsrelevanter Informationen für die modular organisierten sensomotorischen Subsysteme kämen dann einfache sensorische und motorische line-labeling-Prozesse in Betracht, die die in der aktuellen Situation jeweils relevanten (dimensionslosen) Größen in den Wahrnehmungsgegebenheiten des durch Bewegung erschlossenen ("durchmessenen") Environments selbst auffinden (vgl. LEE 1980), ohne daß eine weitergehende (höhere kognitive) Gedächtnisrepräsentation dieser Größen oder der zugrundeliegenden Sachverhalte angenommen werden müßte. Hier hätte auch der Rekurs auf Ansätze zur "ökologischen Wahrnehmung" seinen Ort.

Der genuine informationelle Gehalt (und nur der wiederum ist Gegenstand unserer Überlegungen zur bewegungsspezifischen Equivalenz sensomotorischer Gedächtnisrepräsentationen und objektivierender Umkodierungen) sensomotorischer Konzeptualisierungen, und die hierfür brauchbaren Merkmalsattribuierungen und Denotationsverfahren sind vielleicht grundsätzlicher, allgemeiner, und sensomotorisch unspezifischer zu fassen, als dies in der Vergangenheit oft getan wurde. Möglicherweise ist der Bedeutungsgehalt solcher kognitiven Konzepte eher auf die Auswahl und die globale Organisation, die "Einsatzakzentuierung" der verschiedenen autonomen sensomotorischen Regulationsebenen (coordinative structures, etc.) hinsichtlich räumlich-zeitlicher Spezifikationen im ego- und exozentrischen Bezugssystem gerichtet, die sich dann ihrerseits präzise wechselseitig steuern, ohne daß dies einer Repräsentation im Konzept oder Handlungsschema bedürfte (oder überhaupt dazu führen könnte). Die dem mensch-

lichen ZNS möglichen zentralen Durchgriffe in die subkortikale und periphere Ablaufsteuerung (vgl. DAUGS/BLISCHKE 1984, S. 411) werden damit in ihrer Bedeutung für das Bewegungsneulernen nicht geschmälert, nur sind sie nicht unbedingt Bestandteil des invarianten informationellen Gehalts der Bewegungsvorstellung. Bewegungsvorstellungen beinhalten somit vielleicht zu einem beträchtlichen Teil begriffliche bzw. semantische Belegungen des Auftretens komplexer, systeminterner Erregungsmuster, die bei jeder Ausführung einer bestimmten Bewegung, aber auch großenteils bereits schon mit der bloßen Bewegungs-"absicht" bei (noch) gehemmter neuronaler Endstrecke (α-Motoneurone) jeweils in identischer Weise auftreten, und die nichts anderes als einen neuronalen "Widerhall" der momentanen (zeitgleichen) Aktivität solcher, durch aktuelle Situationsafferenzen (Reflex; aufgabenspezifische Orientierungsreaktion etc.) oder gespeicherte "Target-Phasing"-Muster (sensomotorische Konzeptualisierung) angestoßenen, dann aber autonom, wenn auch koordiniert funktionierenden sensomotorischen Subsysteme darstellen. Diese Aktivität selber erforderte keine direkte Gedächtnisgrundlage, man muß also nicht von einer unmittelbaren Speicherung solcher komplexen Erregungsmuster ausgehen. Auf wiederholter Generierung jener Erregungsmuster ("primary images"; sensomotorische "Marken") beruhende Engrammbildungen ("Vorzugsschaltungen") und Stimulusgeneralisierungen auf der Basis sensorisch und motorisch orientierter line-labeling-Prozesse im neuronalen Netzwerk können sehr gut zur Erklärung solcher begrifflicher Etikettierungen ("secondary images"; vgl. 2.1.1.1.) herangezogen werden; die von ZIMMER (1983) und VOLGER (1980) beschriebene Wirkungsweise sprachlicher Metaphern im Rahmen sensomotorischer Lernprozesse wäre hier einzuordnen. Die spezifische Leistung solcher (etwa bis hin zur Aktualisierung kinästhetischer Empfindungen) ausdifferenzierten Bewegungsvorstellungen läge dann weniger in der Initiierung sensomotorischer Systemfunktionen, als viel eher in deren situationsangemessener, präziser Abstimmung aufeinander ("tuning"), die einer Bewegungsrealisierung vorausgeht (internes "Warmlaufen" der beteiligten neuronalen Systeme vor dem Start; vgl. dazu das neurophysiologisch untermauerte Phänomen von "Kupplungsschaltungen" etwa beim Sprintstart; zit. bei DAUGS/BLISCHKE 1984, S. 414). Gerade die handlungspsychologisch orientierte Forschung ist hier im weiteren gefordert; allerdings scheint es notwendig, die oben skizzierte, in der realen Bewegungsproduktion konfundierten Analyseebenen experimentell zu trennen, so daß die Aktivitäten auch objektiv verschiedener Systemebenen unabhängig voneinander

untersucht werden können.

Es scheint beim derzeitigen Stand der Forschung auch zumindest voreilig, Hypothesen zur Isomorphie von Wahrnehmung und Bewegung oder, im Gegensatz dazu, zum Vorhandensein eines internen Übersetzungsmechanismus generalisieren zu wollen (vgl. LEIST 1984; GALLISTEL 1980; PRINZ 1984). Die von ROITBLAT (1981, S. 638) angeführten experimentellen Befunde und auch die von ZIMMER und KÖRNDLE berichteten Effekte zur Ausbildung von Transformationsregeln für Bewegungsklassen legen es nahe, gegenüber gestaltpsychologischen Optionen die Vorstellung offenzuhalten, daß unabhängig vom wechselseitig konstituierten Wahrnehmungs- und Bewegungsraum kognitive Begriffsrepräsentationen formaler Art ausgebildet (vgl. auch GALLISTEL 1981, S. 645) und etwa nach der Konzeption des semantischen Netzwerks, mit bestimmten Bewegungsaufgaben/-abläufen assoziiert werden können.

In diesem Zusammenhang erscheint es überdies angebracht, stärker auf eine saubere Unterscheidung zwischen solchen Situationen zu dringen, in denen einerseits Bewegungen deutlich den Charakter von Orientierungsreaktionen (vgl. KLIX 1971, S. 485) haben (und so im aktuellen Bewegungsablauf die für die Lösung der Gesamtaufgabe - Handlungsziel - nötigen Informationen aus dem Umgebungs-/Handlungsraum aktuell herausarbeiten), oder in denen spezifische vollzugsinhärente Umgebungsinformationen in ihren feed-forward- bzw. feed-back-Qualitäten aktuell benutzt werden (vgl. z. B. LEE's τ-Wert!), und andererseits solchen Vorgängen, in denen für die Bewegungsproduktion relevante informationelle Gegebenheiten für eine spätere, ggf. auch handlungssituationsferne und modalitätsindifferente Aktualisierung behalten werden.

Ein letzter Punkt, der in der laufenden Diskussion offengehalten werden sollte, betrifft die verschiedenen Annahmen darüber, nach "welcher Geometrie" (euklidischer Raum; Riemann-Raum; etc.) Wahrnehmung und sensomotorische Kontrolle organisiert seien. Weder neurophysiologische, noch verhaltensexperimentelle Evidenz läßt hier z. Z. eine Entscheidung zu (vgl. GALLISTEL 1981, S. 646; MILNER 1981, S. 632; REED 1981, S. 636). Die von GALLISTEL (1981, S. 645, S. 646) angeführten experimentellen Befunde und theoretischen Überlegungen lassen die generelle Ausbildung und Nutzung räumlicher Repräsentationen für die Orientierung auch bezüglich noch nie zuvor ausgeführter Bewe-

gungen wahrscheinlich erscheinen, und auch die verhaltenswissenschaftlichen Daten sprechen dabei für die Kodierung cartesischer Koordinaten im Gehirn. Die Diskussion um frequenztheoretische Repräsentationsmodelle berührt dabei nicht diese Annahme als solche, sondern bezieht sich lediglich auf die neurophysiologischen Hilfsannahmen hierzu). Die Ergebnisse von LANDAU/GLEITMANN/SPELKE (zit. nach GALLISTEL 1981) legen sogar das direkte Einfließen trigonometrischer Verrechnungen bei der räumlichen Organisation von Bewegungen nahe, und KLIX (1971, S. 197) führt "nicht-euklidische" Effekte in der (visuellen) Wahrnehmung zumindst z. T. auf geringfügige, systematische "Funktionsfehler" des peripheren Wahrnehmungsapparates zurück. Zwar nicht unbedingt die "Einheiten" handlungswirksamer Vorstellungen selbst, wohl aber die informationellen Bezugsgrößen, auf die sie sich letzten Endes beziehen, wären hiernach auch aus kinematischen Darstellungen von Bewegungsabläufen (sogar aus der Beobachterperspektive) direkt zu entnehmen. Die Frage ist letztlich, ob die in den sportspezifischen Handlungsräumen auftretenden, sehr geringen Differenzen zwischen euklidischer und beispielsweise Riemann'scher Raummetrik überhaupt verhaltensrelevant sind, und ob sich aus der treffenden nichteuklidischen Beschreibung bestimmter Teilfunktionen einzelner sensomotorischer Subsysteme zwingend auf eine entsprechende kognitive Repräsentationsstruktur schließen läßt.

Die im vorliegenden Abschnitt dargestellten Forschungsergebnisse gestatten es, für sportnahe Bewegungen wesentliche Aspekte kognitiver Repräsentation anzunehmen, die in ihrem konkreten Inhalt bereits im Rahmen eines nicht-bewegungsinduzierten Informationsangebots bezeichnet sein können (kognitiver Vorlauf). Diese Aspekte lassen sich instruktionsseitig manipulieren und er-

---

)So könnte man in der von KRUSE/STADTLER/VOGT/WEHNER (1983, S. 108 f) postulierten und experimentell gestützten Frequenzzerlegung in orthogonale Sinusschwingungen bei der Wahrnehmung von Schein- und biologischen Fremdbewegungen einen neuronalen Mechanismus sehen, der nicht nur den aktuellen, in seiner Charakteristik invarianten Wahrnehmungseindruck herstellt ("Frequenzverarbeitung als Gestaltprinzip"; ebd. S. 96), sondern der auch die (hirnphysiologische) Grundlage für die aktuelle Realisation eines bestimmten "Phasings" einer komplexen Bewegung abgibt (vgl. besonders ebd. S. 97, S. 98), und möglicherweise immer dann "anspringt" und die sensomotorischen Teilsysteme mit entsprechenden, wiederum aktuell generierten (Erregungs-)Vorgaben versorgt, wenn die Bewegung bestimmter Körperpunkte entsprechend einer bestimmten "Target"-Abfolge "gedacht" wird (vgl. besonders ebd. S. 97, S. 98). Allerdings ist das Modell in seinem Erklärungsansatz bisher auf visuelle Wahrnehmungsprozesse beschränkt; im übrigen handelt es sich dabei wohl weniger um

öffnen zumindest in dem hier diskutierten (hinsichtlich Aufgaben- und Bewegungsklassen, Differenziertheit sensomotorischer Konzeptualisierungen, Einspeisung kognitiv generierter Regeln und Strategieimplementierungen, etc. deutlich eingeschränkten) Rahmen die Möglichkeit, Informationsaufnahme und (entsprechend strukturierte) Bewegungsrealisierung relativ direkt, wenn auch nur mittelbar, aufeinander zu beziehen.

2.1.3 Zusammenfassung

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Konzeption eines einheitlichen, nach dem Prinzip der Verarbeitungstiefe organisierten semantischen Gedächtnisses (vgl. 2.1.1.1.), zu dem Bild-, Wort- und sensomotorische Programmarken gleichermaßen Zugang haben, und von dem aus diese jeweils generiert werden können (vgl. 2.1.1.2. und 2.1.1.3.). Es ist die theoretische Grundlage sensomotorischer Konzeptualisierung als der zentralen, kognitiven Repräsentation von Begriffen, die zugleich sensomotorisch relevante Aspekte im informationellen Umfeld (Instruktion; Vorbild; durch Bewegung zu erschließender Umgebungsraum) und diesem entsprechende funktionelle Leistungen der an der Bewegungsproduktion beteiligten sensomotorischen Teilsysteme be-"deutet" (vgl. 2.1.2.2.1. zum Strukturierungsproblem sowie 2.1.2.3.1. und 2.1.2.3.3.).

Diese "Bedeutung" ist durchaus im zeichentheoretischen Sinne aufzufassen. Hieraus ergeben sich Perspektiven, aber auch Restriktionen für die Objektivierung derartiger interner Konzeptialisierungen und für ihre operationale Definition, sofern die Denotationsbedingungen in unterschiedlichen Zeichensystemen (vgl. 2.1.2.2.2.) angemessene Berücksichtigung finden und eine geeignete Kriterienfestlegung erfolgt (vgl. 2.1.2.2.3.).

Dabei legen eine Reihe neurophysiologischer und verhaltensexperimenteller Befunde es nahe, als gedächtnisfixierten, semantischen Kern sensomotorischer Konzeptualisierungen zwischenbegriffliche Relationen von denotierten Körperpunkten/-stellen und körperrelativ kodierten End- bzw. Richtungswechselpunkten

---

)(Fortsetzung)einen kognitiven Vorgang als um einen direkten Analyse- (bzw. Generierungs-)Mechanismus (ebd. S. 86). Zudem steht die vollgültige Bestätigung der Annahme frequenzspezifischer Verarbeitungskanäle für die Wahrnehmung realer Fremdbewegungen noch ebenso aus wie ein Hinweis für die Anwendbarkeit dieses Modells auf die Kennzeichnung des "Target"-Musters komplexer, nicht einer Pendelfunktion anzunähernder Bewegungsabläufe.

einschließlich der (zwischen ihnen aufgabenspezifisch gesetzten oder sich aufgabennotwendig ergebenden) zeitlichen Ordnung ihrer Ansteuerung anzunehmen (vgl. 2.1.2.3.4.). Die hierüber erfolgende Begriffsbildung gibt der sensomotorischen Konzeptualisierung ihre Struktur. Diese - begriffliche - Struktur läßt sich in Objektivierungen von Bewegungsvorstellungen abbilden und auf dem Wege der Bedeutungszuweisung (Herstellen einer Äquivalenzfunktion) auch in der Bewegungsausführung bzw. in objektiven Korrelaten derselben wiedererkennen.

Dieses begriffliche Konzept ist dabei i.d.R. weitgehend generalisiert und damit gegenüber person- und situationsspezifischen Variationen bis zu einem gewissen Grade invariant. Die differnzierte und teilautonome Organisation des sensomotorischen Systems mit ihrem Wechselspiel von zentraler Repräsentation und aktueller Selbstorganisation macht es jedoch notwendig, durch geeignete Verfahren (vorab) festzustellen, welche in der Bewegungsproduktion ausgliederbaren Einheiten (vgl. zum Strukturierungsproblem 2.1.2.2.1.) den skizzierten Aspekten kognitiver Repräsentation bedeutungsmäßig attachiert werden (bzw. sind) und damit in eine Konzeptualisierung des betreffenden Bewegungsablaufs Eingang finden. Erst dann kann die Realisierung solcher "sensomotorischen Operationen" als volitiver Akt aufgefaßt werden und die hieran bemessene Beurteilung/Bewertung oder quantitative Erfassung von Bewegungsausführungen als Indikator für die Güte/Vollständigkeit der zugrundeliegenden sensomotorischen Konzeptualisierung herangezogen werden (vgl. 2.1.2.2.3.).

Darüber hinausgehende, kognitive Elaborationen ("Bewegungsvorstellung"; "Handlungsschema"; "operative Abbilder"; "heuristische Strategie" etc.) scheinen mit der Generierung sensomotorischer "Marken" einherzugehen oder gar an diee gebunden zu sein (vgl. 2.1.2.3.5.). Entsprechende Begriffsbelegungen erfolgen wahrscheinlich ebenfalls aktuell über eine "bottom-up"-Aktivierung von "Begriffsknoten" im semantischen Netzwerk; Grundlage hierfür sind im Verlauf der ontogenetischen Entwicklung erworbene stimulusspezifische Durchschaltungen neuronaler Reizleitungswege ("line-labeling") und Stimulusgeneralisierungen, die vermutlich (wiederholter) Bewegungserfahrungen bedürfen.

Dagegen wird, ausgehend von der Konzeption des einheitlichen, semantischen Gedächtnisses, für den informationellen Gehalt (und damit für die begriffli-

che Struktur) des semantischen Kerns sensomotorischer Konzeptualisierungen eine weitgehende Transformierbarkeit in unterschiedliche Wahrnehmungsperspektiven und in verschiedene Informationsmodalitäten unterstellt (vgl. 2.1.1. sowie 2.1.2.3.): Der propositionale Gehalt, der die topologische Struktur der Bewegung kennzeichnet (be-"deutet"), bleibt solchen Transformationen gegenüber invariant.

Dies ist zugleich der Ansatzpunkt, aufgrund (sportunspezifischer) verhaltensexperimenteller Befunde zu modalitätsspezifischen Enkodierungsstrategien und Speichervorgängen entsprechende differenzielle Behaltenseffekte auch für das Bewegungsneulernen zu erwarten: insbesondere bei einer zeitlich nahen Aktivierung an sich (kategorial) bedeutungsgleicher Bildmarken, Wortmarken und sensomotorischer Programmarken bewirken nichtadditive Interaktionseffekte der modalitätsspezifisch unterschiedlichen Merkmalsmengen im gemeinsamen konzeptuellen Repräsentationssystem möglicherweise eine redundante Kodierung und tiefere semantische Verarbeitung, und können somit auch die Merkleistung und Verfügbarkeit der zentral gespeicherten Begriffsstruktur (sensomotorische Konzeptualisierung) fördern (vgl. 2.1.1.2. und 2.1.1.3.). Zumindest im Hinblick auf den unmittelbaren Acquisitionsvorgang selber ist dabei aufgrund von Experimenten nach dem Paradigma selektiver Interferenz von einer partiellen Unabhängigkeit sprachlich-verbaler, imaginal-visueller und motorischer Komponenten auszugehen(SALTZ/DONNENWERTH/NOLAN 1981, S. 327, S. 331; ZIMMER/ENGELKAMP/SIELOFF 1984, S. 76, S. 81): obgleich ihre semantische Enkodierung im gemeinsamen semantischen Netzwerk erfolgt, aktivieren sie z. T. modalitätsspezifisch unterschiedliche Merkmale bzw. Merkmalsmengen. Beide Studien belegen, daß eine bedeutungsentsprechende (semantisch ähnliche) zusätzliche visuelle ebenso wie eine zusätzliche motorische Kodierung (Ausführung semantischer Phrasen) die Behaltensleistung von Sätzen verbessert, und daß dieser Effekt weitgehend modalitätsspezifisch ist, also durch Interferenzaufgaben anderer Modalität nicht beeinträchtigt wird. Demnach tragen jeweils motorische, visuelle und verbale Merkmalskomponenten des Instruktionsmaterials gesondert zu einer stärkeren Spezifikation und Abgrenzung eines bestimmten Konzepts gegenüber anderen Konzepten innerhalb eines "multidimensionalen Repräsentationssystems" bei. Daß dennoch, ungeachtet offensichtlich unterschiedliche Prozesse, die der Ausbildung bzw. Aktivierung von Begriffsrepräsentationen durch Wörter, Bilder und wohl auch Handlungen zugrunde liegen, zumindest bei Wörtern und Bildern die semantische Kodierung in einem einheitlichen

semantischen Gedächtnis erfolgt, konnten HOFFMANN/KLIMESCH (1984, S. 18 f, S. 22) durch die Simulation der bei einem Bild-Bild-Vergleich auftretenden Effekte in einem Bild-Wort-Vergleich belegen.

Diese Überlegungen legen für die Organisation sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse die gezielte Ausnutzung modalitätsspezifischer, also insbesondere bildhafter und verbaler Einflußfaktoren nahe. So könnte einerseits eine Verbesserung der Lernleistung durch Modalitätsintegration (vgl. 2.1.2.1.2.) bereits bei der Etablierung wesentlicher Komponenten eines neuen Bewegungskonzepts im "kognitiven Vorlauf" vor jedem Realisierungsversuch (vgl. 2.1.2.1.1.) mittels geeigneter Instruktionsformen bewirkt werden. Der Einsatz modalitätssubstituierender Objektivierungen von Sollwerten und Lern-(Zwischen)Ergebnissen (vgl. 2.1.2.1.3.) böte zudem die Chance für eine unterrichtstechnologische Ausnutzung propositionaler (kognitiver) Konstruktionsspielräume beim Bewegungsneulernen (vgl. 2.1.2.1.4.). Beide Gesichtspunkte wären von eminenter praktischer Bedeutung vor allem bei komplexen und komplizierten Bewegungsabläufen, zumal, wenn diese in ihrer Struktur dem Lernenden noch fremd und völlig neuartig erscheinen. Betroffen sind hier in erster Linie Adressaten mit einer vergleichsweise geringen oder wenig differenzierten Bewegungserfahrung (Schule; Breitensport; Rehabilitation).

Für eine gezielte lerntechnologische Aufbereitung reichen die bisher vorgetragenen Überlegungen allerdings noch nicht aus. Hierzu bedarf es exakterer empirischer Anhaltspunkte bzgl. der diskutierten Modalitätseffekte, die Aussagen im Hinblick auf spezifische Präsentationsformen (Objektivationen) und auf jeweils bestimmte Instruktionsgegenstände (konzeptuelle Aspekte) gestatten und die vor allem für sensomotorische Lehr-Lern-Prozesse nachweislich Gültigkeit haben. Sportunspezifische Befunde, aber auch die bislang vorliegenden Ergebnisse sportspezifischer Lernforschung (vgl. exempl. DAUGS 1979 und SCHMIDT 1982) können diesem Anspruch nicht genügen.

Mit der vorliegenden Arbeit soll deshalb ein experimentalmethodischer Ansatz zur Überprüfung von Modalitätseffekten bei statischen Präsentationsformen mit Bild- und Textanteilen im Rahmen sportspezifischer, zielgesteuerter Lehr-Lern-Prozesse vorgestellt werden.

Die für entsprechende Operationalisierungen (Lernaufgabe; Instruktionsgegenstand; Präsentationsmodalität; Denotationsbedingungen; Zugriff zur kognitiven

Repräsentanz; Realisierungsbewertung; Objektivierung) erforderlichen allgemeinen bewegungstheoretischen und methodologischen Vorüberlegungen sind im vorangegangenen Kapitel bereits schon weitgehend entwickelt worden (vgl. 2.1.2.2. und 2.1.2.3.). Sie werden im Rahmen der dabei aufgewiesenen Entscheidungsspielräume in der vorliegenden Untersuchung in bezug auf die Fragestellung im einzelnen konkretisiert (vgl. 4.2. und 4.4.).

Um eine präzisere Eingrenzung der bisher nur grob umrissenen Untersuchungshypothese zu ermöglichen, sollen jedoch vorab noch einschlägige Befunde zum Einfluß unterschiedlicher Darstellungsmodalitäten auf die visuelle Informationsaufnahme und auf die Gedächtnisleistung referiert werden, soweit sie für die Gestaltung und Wirkung statischer (Lehr-)medien von Belang sind. Auf eine differenzierte Diskussion der jeweils einschlägigen Theoriefelder und spezifischen Grundlagenprobleme wird dabei verzichtet; sie stehen hier nicht zur Debatte. Der im vorangegangenen Kapitel vorgestellte theoretische Ansatz zum semantischen Gedächtnis als der Grundlage sensomotorischer Konzeptualisierung erlaubt es dagegen ohne Schwierigkeiten, die für unsere Fragestellung relevanten Befunde zu integrieren (vgl. insbesondere 2.1.1.2., sowie 2.1.2.1.4.).

2.2. Zum Einfluß unterschiedlicher Informationsmodalitäten auf die Gedächtnisleistung

Die in dem nun folgenden Kapitel zusammengestellten Schlußfolgerungen beruhen großenteils auf Untersuchungen aus dem Bereich der "imagery"-Forschung. Jedoch soll die "imagery"-Hypothese selbst - und damit die Kontroverse um die "duale Kodierungstheorie" von PAIVIO - hier nicht näher diskutiert werden. Dies aus zwei Gründen:

Erstens wären mit der spezifischen Aufgabenstellung des Bewegungsneulernens, nämlich sowohl Bilder, als auch entsprechende verbale Anweisungen in eigene Bewegungen umzusetzen, wohl prinzipiell "imaginale" Verarbeitungsprozesse verbunden (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 7, S. 115, S. 117), und nicht nur die gebräuchlichen Bilder, sondern auch

die einschlägigen Lern-Texte weisen zwangsläufig bereits einen so hohen Konkretheitsgrad auf, daß sie schon für sich genommen, und unabhängig von der Aufgabenstellung, hohe Bildhaftigkeitswerte erwarten lassen (vgl. BASCHEK/BREDENKAMP/OEHRLE/WIPPICH 1977, sowie WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 3). Die für das Bewegungsneulernen brauchbaren Begriffe weisen nach den Ausführungen des vorangegangenen Kapitels in der Regel allesamt eine (im Sinne PAIVIO s) denotative bzw. "referentielle" Bedeutung auf, d. h. es existieren (den Vpn i.d.R. bekannte) konkrete Objekte, die durch sie bezeichnet werden (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 19). Dies entspricht auch weitgehend den Auffassungen zur semantischen Kodierung von Begriffen in einem integrierten, multimodalen Repräsentationssystem: danach wird ja angenommen, daß Begriffe in Form von Merkmalsstrukturen kodiert sind, die ursprünglich aus Klassifizierungsprozessen von (u.a. visuellen bzw. motorischen) Wahrnehmungsinhalten entstanden (vgl. u. a. METZLER 1978, Thesen, S. 1 f). Solche Primärbegriffe (ebenda S. 8) dürften die tragende Grundlage für instruktionsbasierte sensomotorische Lehr-Lernprozesse darstellen, welche ja einerseits auf die Manipulation eines sinnlich erfahrbaren Objektbereichs abstellen, und die andererseits die deutlichen Kapazitätsbeschränkungen aktueller bewußter Informationsverarbeitung (z. B. Kurzspeicherkapazität) in Rechnung stellen müssen. Den Primärbegriffen oder "Basiskategorien" kommt nun insofern einer Sonderstellung innerhalb der Begriffshierarchie zu, als sie die relativ größte Menge von Objekten auf der Grundlage der relativ kleinsten Menge von diesen gemeinsamen anschaulichen Merkmalen kennzeichnen. Sie geben damit das Niveau der jeweils abstraktesten, jedoch noch sensorisch definierten Begriffe innerhalb einer Begriffshierarchie an (vgl. HOFFMANN/KLIMESCH 1984, S. 16); bildlich dargestellte Objekte werden ihnen am schnellsten, unmittelbar und spontan, zugeordnet. Primärbegriffe dürften demzufolge eine ausgezeichnete funktionale Basis für unter Zeitdruck ablaufende sensomotorische Lern- und Vergleichsprozesse abgeben, und es ist davon auszugehen, daß sich Instruktionen im Sportunterricht immer dann als besonders effizient erweisen, wenn sie auf der hier spezifizierten Begriffsebene formuliert sind. Nun konnten HOFFMANN/KLIMESCH (1984, S. 18, S. 20) experimentell für begriffliche Vergleichsprozesse belegen, daß die durch Wörter, welche Primärbegriffe benennen, aktivierten Repräsentationen von Primärbegriffen in ihrer Merkmalscharakteristik den durch die entsprechenden Bilder aktivierten anschaulichen Merkmalen weitgehend gleichen. Die auf diesen Aktivierungsvorgängen aufbauenden Prozesse sind dann ebenfalls

weitgehend identisch.

Es dürfte also einerseits von vornherein schwerfallen, im Rahmen des Bewegungsneulernens überhaupt - unabhängig von der Stimulusseite, also der Darbietungsmodalität - sogenannte "sequentiell-verbale" interne Verarbeitungsprozesse gesondert gegenüber "parallel-imaginalen" (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 46, S. 113) aufweisen zu können! Die verbale Instruktionskomponente für sich genommen dürfte andererseits aufgrund ihres hohen imaginalen Gehalts (vgl. auch 2.1.2.3.4.) in dieser Hinsicht experimentell kaum gegenüber der Bildkomponente abzugrenzen sein, sofern man Wörtern grundsätzlich imagery-Qualitäten zuspricht (vgl. hierzu WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 6, S. 9, S. 18, S. 114, S. 117), und sofern man von einer einfachen dualen Kodierungstheorie zugunsten einer eher prozeß- bzw. verarbeitungsorientierten Kodierungstheorie Abstand genommen hat (vgl. hierzu die von WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 6 S. 9, S. 36 ff, S. 112, S. 114, S. 118, angeführten theoretischen Überlegungen und vorgelegten experimentellen Befunde). Während erstere lediglich auf die Anzahl der in der Versuchssituation durch das Stimulusmaterial mehr oder weniger zwangsläufig generierten Codes abstellt, stehen bei der letzteren die je nach Individuum und Aufgabenstellung bei der Informationsverarbeitung von Fall zu Fall (also durchaus auch quer, d. h. orthogonal zur sensorischen Darbietungsmodalität) bevorzugten internen kognitiven Codes ("Mediationsprozesse") im Vordergrund (WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 9 unter Verweis auf ein Experiment von PAIVIO/FOTH 1970).

Weiter ist zu bedenken: Auch noch so abstrakte Wörter stehen letzten Endes in assoziativem Bezug zu anderen Wörtern, die sich direkt auf Objekte oder Situationen beziehen. Wortbedeutungen reichen daher immer an den bleibenden Bestand früherer Lernerfahrungen, und der ihnen assoziierte ("imaginative") Vorstellungsgehalt kann daher nicht gleichbedeutend mit "Abbild" sein (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 27). Zudem kommt auch dem imaginalen Kode eher ein abstrakt-räumliches als ein reiznahes Format zu (ebenda S. 15), welches durchaus auch die Speicherung temporal-sequentiell strukturierter Information zuläßt. "Bildhaftigkeit" im Sinne der imagery-Theorie ist also immer eng mit der Bedeutungshaltigkeit und Verständlichkeit des Lehrmaterials korreliert,

und sie lassen sich in ihrer Wirkung auf abhängige Variablen - zumal bei einer einheitlich "konkreten", imaginale Verarbeitungsprozesse nahelegenden Aufgabenstellung - experimentell nur schwer auseinanderhalten (ebenda S. 18, S. 27).

Der zweite Gesichtspunkt ist grundsätzlicher als diese, dem "imagery"-Ansatz immanente Argumentation, und unabhängig von der Frage, ob und wie "imagery"-Prozesse bei sensomotorischen Lehr-Lern-Prozessen experimentell nachgewiesen und in ihrer Wirkungsweise lerntechnologisch genutzt werden könnten (vgl. etwa "metaphorische" Instruktionsformen nach VOLGER 1980): In welchem Format unser Wissen von der Welt repräsentiert ist (z. B. durch abstrakte Propositionen, oder durch duale Codes), ist bis auf weiteres unentschieden (BOCK 1983, S. 72), und womöglich experimentell gar nicht entscheidbar (WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 118; KLIX 1984 [)]) , und eine grundsätzliche Diskussion z. Z. wohl obsolet. Wenn auch für bestimmte Forschungszwecke die Fruchtbarkeit des "imagery"-Konstrukts nicht in Abrede gestellt werden soll (WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 118 ff), so erscheint unter dem verbleibenden pragmatischen Gesichtspunkt für die hier interessierenden unterrichtstechnologischen Fragen der visuellen Mediengestaltung in sportmotorischen Lernprozessen die eingangs (vgl. 2.1.1.) entwickelte Konzeption zur (gemeinsamen) Gedächtnisrepräsentation bildlicher, sprachlicher und sensomotorischer Informationen und der behaltensmaßgeblichen Rolle von polymodaler Redundanz, von Bedeutungshaltigkeit ("Sinnhaftigkeit") und von einer "tieferen", merkmalsbezogenen Verarbeitung (differenzierte Analyseprozesse) am ehesten als angemessen. Die Integration der verschiedenen Merkmalsattribute zu Bedeutungseinheiten auf dem Wege der Chunkbildung ist dabei als Basisvorgang der Begriffsbildung zu verstehen und schließt daher die für die Informationsselektion und die Gedächtnisorganisation wesentlichen Prozesse ein.

[)] KLIX kommt zu dem Schluß, daß seine Konzeption eines semantischen Gedächtnisses und die von ihm vertretene Auffassung zur Herausbildung und begrifflichen Fixierung von Bedeutungen einerseits ein "episodisches" Gedächtnis zu integrieren in der Lage sei, und daß andererseits so weitgehende interne Digitalisierungsvorgänge bei der Merkmalszuordnung angenommen werden können, daß sich die Vorstellung eines eigenständigen "imaginalen" Mediators erübrige.

Für diese Position finden sich Belege auch bei Verfechtern des "imagery"-Konstrukts selbst; PAIVIO selbst kann aufgrund eigener Experimente zur Verarbeitung ganzer Sätze (zusätzlich zu einem verbalen und imaginalen Repräsentationssystem) die Existenz eines für sämtliche Informationen verbindlichen, abstrakten und integrativen Repräsentationsmodus nicht ausschließen (MARSCHARK/PAIVIO 1977; vgl. auch FRANKS/BRANSFORD 1972). Zum gleichen Ergebnis kommen auch WIPPICH/BREDENKAMP 1979 S. 114. Diese Autoren schlagen ferner (ebenda S. 41) u. a. unter Rekurs auf SALTZ(1971) und KLEIN/SALTZ(1976) vor, von der engen, dualen Kodierungstheorie zu einer multiplen, merkmalsbasierten Kodetheorie überzugehen. Hiernach werden bedeutungsvolle Konzepte als Überschneidungsregionen relevanter Attributdimensionen in einem n-dimensionalen kognitiven Raum aufgefaßt, wobei die Dimensionen z. B. sensorische, evaluative, oder motorische Attribute repräsentieren. Aufgrund eigener Experimente neigen WIPPICH/BREDENKAMP (1979) auch dazu, Gedächtnisspuren unabhängig von festen Speichersystemen eine Vielzahl von Attributen zuzuschreiben (ebenda S. 111), und führen längerfristige Behaltenseffekte auf Faktoren zurück, die ihres Erachtens eher mit einem "levels-of-processing"-Ansatz zu vereinbaren wären (ebenda S. 112); "imagery"-Effekte wären demzufolge zumindest teilweise mit einer "tieferen" bzw. besser elaborierten Kodierung (konkreter) Informationen konfundiert (vgl. auch ebenda S. 38 zu einer möglichen Verknüpfung zwischen dualer Kode-Theorie und "levels-of-processing"-Konzeptionen), und insbesondere für das langzeitige, dauerhafte Behalten sowie für die Reproduktion zusammenhängender, sinnvoller Texte sehen WIPPICH/BREDENKAMP (1979, S. 117) gravierende Einschränkungen der Reichweite des "imagery"-Konzepts. Gerade diese Einschränkungen werden aber unter den skizzierten Bedingungen sensomotorischer Konzeptualisierungsvorgänge relevant, die ihrem Charakter nach grundsätzlich als konkret (vgl. 2.1.2.3.) einzuschätzen sind und ihrer Aufgabenstellung (Bewegungsausführung) entsprechend durchweg elaborierte und differenzierte, also "tiefe" Analyse- und Verarbeitungsprozesse erfordern.

Dennoch bleibt es von theoretischem und praktischem Interesse, die dokumentierten Behaltens- und Reproduktionsunterschiede bei der Verarbeitung von Bildern einerseits und Texten andererseits zu berücksichtigen und in die hier vertretene Gedächtniskonzeption einzuordnen. Die soeben angestellten Überlegungen und die in erster Linie medientechnologische

Fragestellung rücken dabei allerdings Effekte der Darbietungsmodalität gegenüber der internen Kodierungsmodalität (Format) in den Vordergrund.

2.2.1. Zu Behaltungsunterschieden bei Bildern und Texten

Wie die Durchsicht einschlägiger experimenteller Arbeiten zeigt, sind die vielfach dokumentierten Behaltensunterschiede zwischen bildlichen und sprachlichen Informationen nicht auf visuelle Qualitäten als solche, sondern - unter der Annahme eines gemeinsamen semantischen Gedächtnisses - eher auf konzeptuelle Unterschiede zurückzuführen, denn Merkmale wie Detailliertheit, Wahrnehmungsnähe, Abstraktionsgrad, Farbigkeit, etc. bleiben weitgehend ohne Einfluß auf die Behaltensleistung von Bildern (PAIVIO/ROGERS/SMYTHE 1968; NELSON/REED/METZLER 1974; INTRAUB 1979). Anders als Wörter bedürfen Bilder auch keiner "linguistischen" Transformation (NELSON/REED 1976; INTRAUB 1979): Eine sprachliche Benennung von Bildern geschieht nur in Ausnahmefällen. D. h. Behaltensvorteile von Bildern sind nicht mit Additionseffekten von imaginalem und linguistischem Kode ("dual-code-Theorie") zu erklären. In konzeptueller Hinsicht dagegen rufen Bilder nicht nur vielfach andere Assoziationen hervor als Wörter (DENO/JOHNSON/JENKINS 1968), sondern weisen darüberhinaus darin noch eine viel größere Variabilität und Uneinheitlichkeit (Streuung) auf als die eher kategorialen, sprachlichen Begriffe (WINN 1976). Bilder sind also einerseits vielseitiger (vgl. auch BOCK 1983, S. 69), andererseits aber auch schneller und direkter semantisch interpretierbar (PELLEGRINO/ROSINSKI/CHIESI 1977; vgl. auch KLIMESCH 1982 a), soweit sie sich auf sensorische Oberbegriffe ("Primärbegriffe") mit einer anschaulichen Merkmalsbasis beziehen (HOFFMANN/KLIMESCH 1984, S. 13). Dabei sind für Bilder fließende Übergänge von der perzeptuellen zur semantischen Kodierungsebene bei der Merkmalsaufschlüsselung und -klassifikation in Rechnung zu stellen, schon bevor der (oder die) zugehörige(n) übergeordnete(n) "Begriffsknoten" in der Hierarchie des semantischen Netzwerks aufgefunden worden ist (sind). In diesem Fall können inadäquate assoziative Ergänzungen aus dem Gedächtnis bei Bildern allerdings auch eher Irrtümer in der Informationsentnahme auftreten als bei Wörtern. Die dergestalt von Bildern im semantischen Gedächtnis unmittelbar aktivierten anschaulichen Merkmale können kognitiven

Entscheidungen also direkt zugrunde gelegt werden (HOFFMANN/KLIMESCH 1984, S. 23), was zu einer erheblichen Kapazitätsentlastung des Kurzzeitgedächtnisses als aktuellem Arbeitsspeicher und zu einer Verringerung des zur Informationsverarbeitung erforderlichen Zeitaufwandes führt, und die Zeitspanne bewußter Gegenwärtigung (Gegenwartsdauer, Präsenzzeit) also besser auszunutzen gestattet.

Wörter als abstrakte, allgemeine Kategorien sind dagegen nicht nur im allgemeinen bedeutungsärmer als Bilder (BOCK 1983, S. 73), sondern um die ihnen assoziierten Merkmale abrufen und entsprechende Vorstellungen oder gar Vorstellungs-"Bilder" generieren und damit ihrer "Bedeutung" innewerden zu können, müssen sie zunächst lexikalisch verarbeitet ("linguistische" Transformation im Sinne einer "Benennung" oder "Etikettierung") und sodann "top-down" dekodiert werden: D. h. ihr semantischer Bedeutungsgehalt und -umfang im Sinne einer Ausdifferenzierung des betreffenden Begriffs in seine inner- und zwischenbegrifflichen Relationen ist, anders als bei Bildern, erst im Anschluß an das Auffinden des zugehörigen Oberbegriffsknotens im semantischen Netzwerk zu erschließen (KLIMESCH 1982 a). Folgerichtig ist dann die Bereitstellung von Begriffsmerkmalen für weiterführende kognitive Entscheidungen abhängig von den Kontextbedingungen und von der Bindungsstärke der betreffenden Merkmale an den jeweiligen Begriff (HOFFMANN/KLIMESCH 1984, S. 23). Im Unterschied zu Bildern legen Wörter auch schon von vornherein die kognitive Analyseebene fest, da ja in jedem Fall zunächst die zugehörigen Begriffsrepräsentationen aktiviert werden, und damit die entsprechende Ebene in der Begriffshierarchie gegeben ist.

Die funktionellen Unterschiede zwischen bildlichen und sprachlichen Informationen sind also nicht primär "visueller" oder "linguistischer" Natur. Sie sind viel eher in den semantischen Eigenschaften von Bildern und Wörtern und in den jeweils unterschiedlichen, für sie spezifischen Zugangsmechanismen zum gemeinsamen semantisch-propositionalen Gedächtnissystem zu suchen (BOCK 1983, S. 70). Denn wie aus den praktisch identischen Vorgängen bei der Bestimmung von Ähnlichkeitsrelationen bei unterschiedlichen Begriffspaaren hervorgeht, aktivieren Wörter und Bilder bei geeigneter Wahl des Materials (i.e. Primärbegriffe) nachweislich gemeinsame Begriffsrepräsentationen (HOFFMANN/KLIMESCH 1984, S. 19); allerdings ist der dazu nötige Zeitaufwand auch dann bei Wörtern prin-

zipiell höher. Entscheidend für die Behaltensleistung ist demnach in jedem Fall (bei Bildern wie bei Wörtern) die Differenziertheit der vom Rezipienten vollzogenen semantischen Analyseprozesse (BOCK 1983, S. 73). Sie ist umso größer, je mehr Merkmale ein Instruktionsgegenstand (Bild oder Wort) besitzt, die bei seiner Verarbeitung berücksichtigt werden (BOCK 1976 , 1978 b). Diese Differenziertheit ist bei Bildern in der Regel nicht nur größer als bei Wörtern (BOCK 1981 b), sondern sie wird aufgrund der nicht völlig identischen Verarbeitungsprozessen bei Bildern rascher erreicht als bei Wörtern (vgl. HANNEMANN 1983, S. 58).

Die Annahme einer einheitlichen, abstrakten Gedächtnisrepräsentation (GUENTHER 1980[)]) und zugleich modalitätsspezifischer kognitiver Operationen (KLIMESCH 1982 a, S. 495 ff; HOFFMANN/KLIMESCH 1984, S. 23) läßt erwarten, daß Bilder und Sprache aufgrund ihrer jeweiligen semantischen Eigenschaften direkt miteinander interagieren. Diese für eine Theorie der Mediengestaltung wichtige Implikation entspricht nicht zuletzt der von SALOMON (1979) vertretenen These einer Interdependenz externer und interner Repräsentationsformen: Medien als Träger und Kombination von Symbolstrukturen aktivieren hiernach bei der Extraktion von Information spezifische kognitive Operationen, die wiederum zu bedeutsamen differentiellen Lerneffekten bei der Verwendung unterschiedlicher Medien (bzw. Kombinationen von Symbolsystemen) in Lehr-Lern-Zusammenhängen führen (vgl. HANNEMANN 1983, S. 41).

2.2.2. Zur Interaktion bildlicher und sprachlicher Informationen

Unter der Voraussetzung simultaner oder zeitlich unmittelbar aufein-

---

[)] So folgert etwa GUENTHER (ebenda S. 568) aufgrund seiner experimentellen Ergebnisse (Reaktionszeitmessung; Fehlerquote), daß "the conceptual memory for pictures is identical in form to the conceptual memory for prose episodes, making conceptual memory a very abstract, language-free kind of mental representation". Die Vpn hatten zu entscheiden, ob kurzzeitig in Bild- oder Textform präsentierte inhaltliche Aspekte zu zuvor als Bild bzw. Satz dargebotenen Episoden gehörten oder nicht.

ander folgender Darbietung sind Interaktionseffekte zwischen ikonischer (Diagramme; Bilder; Filme) und digitaler (Sprache; Texte) Informationsmodalität vor allem dann gefunden worden, wenn Bilder gegenüber den zugeordneten Texten einen mehr oder weniger ausgeprägten Bedeutungsüberschuß aufweisen ("semantische Diskrepanzhypothese"; vgl. BOCK/HÖRMANN 1974; BOCK 1978 b). Das Bild darf hiernach nicht lediglich eine anschauliche Wiederholung der sprachlichen Aussage in einer anderen Modalität darstellen, sondern um die Behaltensleistung insgesamt zu verbessern, muß ein Bild (in direktem Gegensatz zur einfachen dualen Kodierungstheorie) mehr sein (BOCK 1983, S. 74), indem es etwa gestattet, bestimmte semantische Leerstellen der zugehörigen sprachlichen Einheit zu schließen. Dies zeigte sich deutlich am Beispiel der von BOCK/MILZ (1977) in einer Replikationsstudie zu BOCK/HÖRMANN (1974) anstelle der ursprünglichen Substantivsätze nunmehr verwendeten Pronominalsätze. Das Bild ermöglicht in solchen Fällen eine breitere, differenziertere, und wohl auch spezifischere Merkmalselaboration des zugehörigen begrifflichen Konzepts und dadurch insgesamt eine "tiefere" semantische Verarbeitung.

Hiermit wird zugleich deutlich, daß von einem generellen "Bildeffekt" (etwa im Sinne auch einer prozeßorientierten dualen Kodierungstheorie) nicht die Rede sein kann: Je bedeutungshaltiger oder in sich verständlicher die jeweilige sprachliche Einheit für sich genommen ist (dies ist gewöhnlich bei normalen Informationstexten gegeben), desto wirkungsloser bleibt das "ergänzende" Bild als Erinnerungshilfe. Dies zeigt einmal der Vergleich der beiden schon zitierten Untersuchungen von BOCK/HÖRMANN (1974) und von BOCK/MILZ (1977), aber auch die Gegenüberstellung der bekannten Arbeit BRANSFORD/JOHNSON (2972) und der von MÜNCH/COUTURIER (1977) erzielten Ergebnisse, die (im Gegensatz zu BRANSFORD/JOHNSON) unabhängig vom Darbietungszeitpunkt (vor, mit, oder nach dem Text) keinerlei "Bildeffekt" nachweisen konnten. Entsprechende Bilder sind also durchaus geeignet, die Behaltensleistung bezüglich der Texte zu verbessern, jedoch schwächt sich dieser Effekt mit einer Verringerung der semantischen Diskrepanz, von einzelnen Substantiven über Pronominal- und Substantivsätze bis hin zu ganzen Texten zusehends ab (vgl. auch BOCK 1983, S. 77).

Umgekehrt können allerdings die erwähnten konzeptuellen Unterschiede (vgl. 2.2.1.) auch zu einem Einfluß der Sprache auf die Verarbeitung bildlicher Informationen führen: So konnten ENGELKAMP/KRUMNACKER (1977; 1978) zeigen, daß Wiedergabefehler beim Vergleich von Bildern und Sätzen bezüglich inhaltlicher (semantischer) Übereinstimmungen vorwiegend solche Aspekte betrafen, die im syntaktisch unbedeutenden Satzteil genannt waren. Hier bewirkt also die syntaktische Satzstruktur eine "semantische Diskrepanz" zugunsten der Sprache, indem sie beim Rezipienten Prädispositionen zur Strukturierung und Gewichtung der bildlichen und sprachlichen Informationen hervorruft, insbesondere solcher Informationen (Relationen; Kausalbeziehungen; zeitliche Abfolgen; etc.), die auf einem Bild nicht oder nur unzulänglich dargestellt werden können. Weiter konnten JÖRG/HÖRMANN (1978, S. 452 ff) nachweisen, daß Bilder umso genauer wiedererkannt wurden, je konkreter die in den dazugehörigen Sätzen verwendeten Substantive waren: Die Rezipienten wurden durch "genauere" sprachliche Bezeichnungen, die in der Begriffshierarchie bezüglich der zu assoziierenden Merkmalsklassen vermutlich semantisch stärker spezifiziert waren, offenbar zu einer genaueren Bildanalyse veranlaßt als im Fall allgemeinerer begrifflicher Kategorien; eine stärkere Ausdifferenzierung wahrnehmbarer Bildmerkmale und deren anschließende Enkodierung im Gedächtnis war die Folge. BOCK (1983, S. 79) folgert hieraus, daß auch der Allgemeinheitsgrad des in Begleittexten verwendeten Wortmaterials, neben der grammatikalischen Struktur (Syntax) beim Rezipienten eine generelle Prädisposition zu einer genaueren oder einer eher oberflächlichen Analyse der entsprechenden Wahrnehmungsobjekte bewirke.

Die semantische Spezifität sprachlicher Begriffe und die syntaktische Satzstruktur determinieren also die Genauigkeit und die Differenziertheit der (nachfolgenden) Bildanalyse und orientieren überdies den Betrachter bei der Auswahl und Strukturierung der vielfältigen semantischen Klassifikationsmöglichkeiten von Bildobjekten (JÖRG/HÖRMANN 1978), und zwar, wie die genannten Untersuchungen belegen, auch dann, wenn ein Bild alle zu seinem Verständnis notwendigen Informationen enthält. Der gleiche Effekt liegt auch der Wirkung von Text-Überschriften oder der Wirkung von Bild-Titeln bei der Reproduktion der entsprechenden Inhalte

zugrunde (vgl. BOCK 1981 a). Die Vieldeutigkeit, die ein Bild gegegenüber der sprachlichen Information oftmals auszeichnet (An welchem Bildobjekt setzt der Betrachter seine Analyse an? Wie setzt er verschiedene Objekte miteinander in Beziehung? Unter welchem Gesichtspunkt nimmt er semantische Klassifikationen, Merkmalsmengenaufspaltungen, etc., vor?), läßt sich auf diese Weise durch sprachliche Mittel im Sinne des jeweiligen Instruktionszieles reduzieren. Sprache hat die kommunikative Funktion, dort Eindeutigkeit zu schaffen, wo Vieldeutigkeit besteht.

Dies wird auch an Experimenten deutlich, die zeigen, daß Texte und sprachliche Erläuterungen geeignet sind, mehrere Einzelbilder zu semantischen Einheiten zu integrieren. Dies gilt insbesondere bei Verwendung nichtalltäglicher Gestaltungsmittel, oder bei Bildsequenzen, die ohne sprachliche Erläuterung nicht eindeutig interpretierbar sind (vgl. BOWER/KARLIN/DUECK 1975). BOCK (1983, S. 79) spricht hier von der Integration von Bildsequenzen zu einem "kohärenten Text", ein Vorgang, der nicht zuletzt für das Verständnis statischer Reihenbilder von Bewegungsabläufen von Bedeutung sein dürfte, wie sie im Sport in vielfältigster Weise als sogenannte "Lehrbildreihen" in unterschiedlichsten Gestaltungsformen zur Anwendung kommen (vgl. DAUGS/BLISCHKE 1983).

Diese Befunde korrespondieren im übrigen konstruktivistischen Ansätzen zur Bildwahrnehmung, wie sie u. a. von YARBUS (1967), KOLERS (1977), NEISSER (1976), GOMBRICH (1973) als Gegenposition zur "ökologischen Optik" GIBSON's vertreten werden (zur Diskussion dieser Position vgl. HANNEMANN 1983, S. 43 ff, S. 46 ff). Während GIBSON von einer Identität zwischen umwelt- und bildbezogenen Wahrnehmungsprozessen ausgeht, sind für die eher konstruktivistisch orientierten Vertreter, die neben gedächtnispsychologischen Ergebnissen auch Blickbewegungsstudien ins Feld führen, Bilder Repräsentationen von Objekten und Ereignissen unserer Umwelt, die nach konventionellen Schemata gestaltet und aufgrund intersubjektiver Übereinkünfte beurteilt werden. Die gestalterischen Schemata sind hiernach Mittel, (konzeptuelles) Wissen zu repräsentieren, also den seiner Bedeutung entsprechend wahrgenommenen Gegen-

stand, nicht aber Sinneseindrücke und Zufallsansichten abzubilden. Diese - im Laufe der Entwicklungsgeschichte herausgebildeten, und bisweilen gesellschaftlich spezifisch ausgeformten - Schemata steuern demzufolge über die kognitive Erwartungsbildung die Bedeutungsentnahme, die auch bei Bildern als sequentieller Leseprozeß vonstatten gehe (Suchen nach semantisch bedeutsamer Information; HANNEMANN 1983, S. 56). Daraus folgt einmal, daß auch das Erfassen von Bildern - zumindest im Fall der Verwendung besonderer Gestaltungsmittel, die kein unmittelbares natürliches Analogon besitzen (z. B. Bewegungsdarstellung in statischen Bildern; ungewöhnliche Ansichten; Abstraktionen; logische Bilder; Diagramme; etc.) - gelernt werden muß und nicht im normalen Prozeß des Erlernens dessen geschieht, was für die Wahrnehmung der dreidimensionalen Umwelt erforderlich ist (HANNEMANN 1983, S. 48, S. 55). Es folgt zum anderen, zumindest insoweit Bilder nach einen gemeinsamen, aber willkürlichen Kode konstruiert und gelesen werden (GOODMAN 1968), daß sprachliche Erläuterungen die Ausbildung inhaltlich angemessener kognitiver Erwartungsstrukturen als der Grundlage kontextbezogener visueller Such- und Analyseprozesse (vgl. diesbezüglich WELTNER 1977; PRINZ/RÜBENSTRUNK 1979, S. 206 ff) und die selektive, sequentiell strukturierte Bedeutungsentnahme aus Bildern sowie die Integration der einzelnen visuellen Eindrücke des Auges zu einem geschlossenen Wahrnehmungseindruck steuern können (vgl. BERNHARD 1978, S. 36 ff; GAARDER 1975, S. 97).

Daß Bilder nicht als ganzes auf einmal und unmittelbar wahrgenommen werden, sondern mit einer Vielzahl sukzessiver Blickfixationen, die über einen gewissen Zeitraum unterschiedliche Regionen des Bildes erfassen, und daß die Struktur dieses Fixationsverhaltens (wie bei der Textverarbeitung; vgl. JUST/CARPENTER 1976; CARPENTER/JUST 1977) zumindest unter bestimmten Bedingungen als Ausdruck eines semantischen Integrationsprozesses aufgefaßt werden kann, in dem der Wahrnehmende sich um eine Interpretation des Dargestellten bemüht, konnte mittlerweile auch bei sportspezifischem Bildmaterial im Rahmen sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse nachgewiesen werden (DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/BALSCHBACH/FEHRES 1983): Richtung und Konsistenz von Fixations-"Wellen"

bei der Betrachtung von Lehrbildreihen lassen hiernach darauf schließen, welches Verständnis die Probanden in bezug auf Bewegungsrichtung und Abfolge von Teilbewegungen von der Bewegungsaufgabe im Zuge der Betrachtung entwickelt haben.

Mit BOCK (1983, S. 81) wird es daher insgesamt als empirisch gesichert angesehen, daß bildliche und sprachliche Kodierungen zu erlernender Sachverhalte sich in idealer Weise ergänzen: Bilder repräsentieren eine größere und direkter zu erschließende Bedeutungsvielfalt als Wörter; sprachliche Begriffe dagegen haben aufgrund ihres kategorialen Status eine klassifikatorische Funktion auch angesichts sehr unterschiedlicher Bildsituationen (ebenda S. 89). Während bildliche Informationen also zur Konkretisierung der abstrakten sprachlichen Begriffe und damit zu ihrer Bedeutungsspezifikation beitragen, kennzeichnet die Sprache dem Rezipienten, auf welche der zahlreichen semantischen Aspekte eines Bildes es ankommt, und in welcher Weise diese verschiedenen konzeptuellen Bildaspekte inhaltlich miteinander zu verknüpfen sind[)].

KLIMESCH (1982 b) geht hier noch einen Schritt weiter: Er sieht nicht nur mit der expliziten Verbalisierung von Bildern in jedem Falle auch eine Verbesserung des Bildgedächtnisses gegenüber einer allein imaginalen Kodierung gegeben (ebenda S. 11). Er nimmt vielmehr an, daß schon der Verbalisierungsprozeß als solcher, also auch, wenn durch die Verbalisierung keinerlei wiedererkennensrelevante visuelle Merkmale etikettiert werden können, zu einer Veränderung (i.e. Verbesserung) der Effizienz auch der visuellen Vergleichs- und Identifikationsprozesse führt ("Interaktionshypothese"). Er hätte dann nicht lediglich eine additive Verbindung visueller und verbaler Kode-Elemente zur

---

[)] Auch für BOCK (1983, S. 72) ergibt sich daraus die Grundannahme, daß "Gedächtnisinhalte, die durch Bilder und Sprache aktiviert werden, funktional voneinander abhängen, weil sie in demselben Gedächtnissystem gespeichert sind", welches die Annahme wahrnehmungsanaloger, "imaginativer" Speicherformen ("Marken"?) nicht einmal ausschließen müßte, sondern in ihnen, etwa im Sinne "prototypischer Gedächtnisrepräsentationen" im Sinne ROSCH's (1973), die unterste Ebene der Begriffshierarchie sähe.

Folge, wodurch bestimmte Bildaspekte zwar begrifflich etikettiert, die Wahrnehmung visueller Charakteristika selber aber völlig unbeeinflußt bliebe ("Unabhängigkeitshypothese"; ebenda S. 10). KLIMESCH kann seinen Standpunkt auch experimentell untermauern (ebenda S. 13, S. 15), muß jedoch die faktische Wirksamkeit dieses Effekts auf tachistoskopisch kurze Präsentationszeiten einschränken (ebenda S. 16). Unter normalen Bedingungen, die eine Vielzahl von Blickfixationen gestatten, ist daher eine solche generelle Überlegenheit der zusätzlichen, expliziten sprachlichen Kodierung gegenüber einer allein bildlichen Präsentation nicht in jedem Falle zu erwarten.

Ob und inwieweit die in diesem Abschnitt skizzierten Sachverhalte allerdings schließlich auch bei sensomotorischen Lernaufgaben greifen und dort etwa über Aspekte der - kognitiven - Erinnerungs- oder Wiedererkennensleistung hinaus, auch die Qualität der Bewegungsausführung zu beeinflussen vermögen, wurde bislang noch nicht zum zentralen Gegenstand experimenteller Forschung gemacht (vgl. hierzu 2.2.4.).

2.2.3. Zur Bedeutung der Betrachtungsreihenfolge bei der integrierten Verarbeitung bildlicher und sprachlicher Informationen

Die im vorausgegangenen Abschnitt beschriebenen Interaktionseffekte unterschiedlicher Informationsmodalitäten im Rahmen semantischer Analyseprozesse sind allerdings nicht unabhängig von der globalen Struktur visueller Informationsaufnahme. Sie scheinen vielmehr eng an die jeweilige Darbietungs- bzw. Betrachtungsabfolge von Bildern und Texten gebunden zu sein.

Generell verbessern Bilder das Behalten nur dann, wenn sie Wörtern (vgl. eine an zehnjährigen Kindern durchgeführte Untersuchung von DAVIES/MILNE/GLENNIE 1973), Sätzen (vgl. BOCK/HÖRMANN 1974 sowie ein von BOCK 1983 zitiertes Folgeexperiment) oder (in sich unverständlichen) Texten (vgl. BRANSFORD/JOHNSON 1972) vorangestellt werden, nicht aber im Anschluß an die

Rezeption der jeweiligen verbalen Komponente. In der Studie von HINDER (1982 , S. 282, S. 286), welche die Überlegenheit bildlicher gegenüber schriftlichen Kontext-Cues für die Erinnerung der zentralen Themen von Textpassagen belegt, ist durch die Anlage des Präsentationsmaterials gleichfalls sichergestellt, daß die Kontext-Cues in jedem Fall vor der zu bearbeitenden Textpassage gesehen wurden. Auch eine simultane Darbietung beider Informationsmodalitäten blieb BOCK (1983, S. 74) zufolge ohne experimentell nachweisbaren Effekt. Möglicherweise kann - anders als bei Vergleichsexperimenten zur Ähnlichkeitsbeurteilung - der für eine bessere Behaltensleistung wesentliche Merkmalsreichtum der Bilder (ihr "Bedeutungsüberschuß") sich im Sinne einer "tieferen", reichhaltigeren Verarbeitung nur dann auswirken, wenn die Bild- und die Sprachkomponente relativ unabhängig voneinander verarbeitet werden, bzw. wenn sichergestellt ist, daß die Rezeption der Sprachkomponente des Informationsmaterials nicht zu einem vorzeitigen Abbruch der Bildanalyse führt. Da die semantischen Eigenschaften des visuellen Materials sich mit der seriellen Position von Bild und Wort (bzw. Satz oder Text) nicht ändern, lassen sich die geschilderten Ergebnisse nicht im Rahmen der semantischen Diskrepanzhypothese allein erklären.

Derartige Reihenfolgeeffekte beruhen demnach weniger auf der nominalen, als auf der funktionalen Diskrepanz zwischen Bildern und Texten: Je nach veranschlagter Analysestrategie bezieht der Rezipient vom objektiven, nominalen Reiz unterschiedliche bzw. unterschiedlich viele Merkmale in die weitere Verarbeitung ein; nur diese werden "funktional" wirksam. Die vorangehende Information definiert hiernach Analyseebenen und -strategie des Rezipienten und damit auch die semantische Verarbeitungstiefe der nachfolgenden Information. Dies gilt sowohl für Sprache (JÖRG/HÖRMANN 1978) als auch für Bilder (vgl. BOCK 1983 in seiner Folgeuntersuchung zu BOCK/HÖRMANN 1974). Dieser Effekt ist zudem unabhängig davon, ob zwischen Bildern und Texten inhaltliche Beziehungen bestehen oder nicht (vgl. JÖRG/HÖRMANN 1978) und erstreckt sich sogar auch auf solche Texte bzw. Bilder, die jeweils erst im weiteren experimentellen Verlauf ohne eine spezifische komplementäre Informationskomponente dargeboten werden (z. B. Kontrollsätze; vgl. hierzu BOCK 1983, S. 82).

Ist ein Bild nun merkmalsreicher und bedeutungshaltiger als die komplementäre sprachliche Information, kann diese nominal bestehende Diskrepanz am ehesten funktional werden, wenn das Bild zuerst betrachtet und verarbeitet wird; eine simultane Präsentation oder gar eine umgekehrte Darbietungsreihenfolge wäre dagegen geeignet, die funktionale gegenüber der nominalen Diskrepanz entscheidend zu reduzieren: Fungiert das Verständnis der sprachlichen Information als Analysekriterium, wird die Bildanalyse häufig abgebrochen, wenn das Kriterium (kategoriale Klassifikation) erfüllt ist, und zwar auch dann, wenn das Bild noch weitere relevante Bedeutungsaspekte enthält. Diesen Sachverhalt konnte u. a. auch KLIMESCH (1982 a) in einer Experimentalreihe aufzeigen, in welcher uni- und bimodal kodierte Stimuluspaare (z. B. Bild-Bild- oder Bild-Wort-Paare) bezüglich ihrer Ähnlichkeit beurteilt werden sollten. Dabei zeigte sich u. a., daß solche Entscheidungen bei Bild-Bild-Paaren am schnellsten zu treffen, allerdings im Vergleich zu bimodalem Material auch mit einer höheren Fehlerrate behaftet waren. Eine Reduzierung der Fehlerrate und ein Anstieg der Reaktionszeit auf die bei der Verwendung sprachlichen Materials gefundenen Werte erfolgte bei einer zeitlich weiter auseinanderliegenden Präsentation der Bild-Bild-Paare: Da ein Vergleich jetzt nicht mehr anhand aktuell verfügbarer, visueller Eindrücke vorgenommen werden konnte, sondern Behalten (Erfassen von Bedeutung) erforderlich machte, wurde nunmehr, wie bei Verbalkodierungen ohnehin, auch die Bildverarbeitung vollständig, d. h. bis zum Auffinden des zugehörigen "Begriffsknotens" im semantischen Netzwerk vorangetrieben; eine Vorabentscheidung auf einer untergeordneten Merkmalsebene - und die damit einhergehende größere Irrtumswahrscheinlichkeit - war nun nicht mehr möglich.

Dieses Ergebnis stützt einmal mehr die Annahme eines zeitlich erstreckten Analyseprozesses, der einer Reihe qualitativ unterschiedlicher, zeitlich aufeinanderfolgender Stadien durchläuft, und der nach CRAIK/LOCKHART (1972) auf der formalen Ebene ansetzt und auf der semantischen Ebene, also bei den Bedeutungen, endet, auf welcher zudem noch verschiedene Komplexitätsebenen zu unterscheiden seien. Je nach Darbietungs- bzw. Betrachtungsreihenfolge wird also das Analysekriterium, welches die Reichweite dieses Prozesses steuert (Verarbeitungstiefe), bei bimodalem

Präsentationsmaterial entweder von der Sprache oder vom Bild, und entsprechend den dabei jeweils gegebenen Strukturen und Differenzierungen, bestimmt (vgl. auch BOCK 1978 a; BOCK 1983, S. 84). Einen vergleichbaren Effekt hat darüberhinaus aber auch eine - allgemeinere - Kontextinformation, wie sie im vorausgegangenen Präsentationsmaterial, in einer Vororientierung, aber vor allem auch in der expliziten Aufgabenstellung und ihrer Spezifikation zu sehen ist (vgl. CRAIK/TULVING 1975; HINDER 1982; BOCK 1983, S. 83 ff; DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1981 c). Diese Funktion eines Analysekriteriums erklärt auch die Effekte von Überschriften auf die Verarbeitung von Texten und Bildern (BOCK 1981 a).

Die mit einer durch die Darbietungs- bzw. Betrachtungsabfolge gegebenen funktionalen Diskrepanz einhergehenden Effekte interferieren also systematisch mit den Auswirkungen der nominalen, durch Modalitätsunterschiede gegebenen semantischen Diskrepanz von Bildern und Texten.

Experimentelle Arbeiten zu diesem Problemfeld, aber auch anwendungsbezogene Implementationen von Befunden zur Interaktion unterschiedlicher Informationsmaterialien müssen solchen Reihefolgeeffekten und den Möglichkeiten, diese zu steuern, in geeigneter Weise Rechnung tragen (vgl. hierzu 2.3.). Dieser Aspekt gewinnt insbesondere dort an Bedeutung, wo - wie im Sport - die Simultandarbietung von Bild- und Textinformationen weit verbreitet ist, und zugleich die visuelle Gestaltung entsprechender Lehrmedien willkürlich und weitgehend intuitiv gehandhabt wird (vgl. DAUGS/BLISCHKE 1983, S. 118 ff).

2.2.4. Zur Wirksamkeit bildlicher und sprachlicher Information im Rahmen mediengestützter sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse

Der Einsatz apersonaler Medien zum Zwecke der Instruktion und Fehlerkorrektur (Sollwert- und Istwertaktualisierung und -vergleich; siehe DAUGS/BLISCHKE 1983, S. 110 ff) ist aus Gründen der Unterrichtsorganisation, aufgrund der Beschränkungen personaler Vermittlungsstrategien, vor allem aber ihrer informationellen Wirkung wegen nicht mehr aus dem Sportunterricht wegzudenken (für eine ausführliche Diskussion vgl. DAUGS 1979).

Unterrichtstechnologische Bemühungen um eine sensomotorische Sollwertaktualisierung zielen vor allem auf den Bereich visueller Instruktion. Im Vordergrund stehen dabei bezüglich der angestrebten didaktischen Funktion die Ausbildung und Korrektur von Bewegungsvorstellungen. Liegt einerseits das Schwergewicht kommerzieller Medienkonfektionierung zweifellos auf dem Gebiet dynamischer Präsentationsformen, so nehmen andererseits aus verschiedenen Gründen die statischen Lehrmedien demgegenüber eine prädominante Rolle im konkreten Unterrichtsgeschehen ein. Dies sind, um nur einige zu nennen, Übersichtlichkeit, leichte(re) Handhabbarkeit, flexiblere Einsatzmöglichkeiten und größere Möglichkeit zur Modifikation/Improvisation, Entlastung des Lehrers von Aufgaben der Organisation und Routine-Instruktion (etwa bei Lernkartensystemen zur Konditions- und Beweglichkeitsschulung), Zentrierung der Aufmerksamkeit, unbegrenzte Betrachtungsdauer, aber auch, etwa im Fall von Lehrprogrammen, die Vorgabe erprobter, algorithmisch strukturierter Lehrwege mit funktionalen Instruktionen. Dies alles dürfte auch die hohe Bereitschaft zur Eigenproduktion solcher Medien durch Unterrichtspraktiker erklären, wie schon eine kursorische Durchsicht der letzten Jahrgänge einschlägiger Fachzeitschriften (vgl. etwa "Sportunterricht") zeigt.

Einen wesentlichen Anteil nehmen hierbei immer noch rein bildliche Darstellungen von Bewegungsabläufen in Form von Lehrbildreihen ein. Bei ihrer Herstellung kommen die unterschiedlichsten Visualisationskriterien - oft ungezielt - zur Anwendung; aufnahme- und produktionstechnische Erwägungen stehen auch bei professioneller Herstellung im Vordergrund (vgl. STRÄHL 1980; HOMMEL/STRÄHL 1980; LÖRTSCHER 1980). Eine Problematisierung dieses intuitiven Einsatzes visueller Gestaltungsmittel bei der bildlichen bzw. ikonografischen Darstellung sportlicher Bewegungsabläufe unter medienpsychologischen und lerntheoretischen Gesichtspunkten (vgl. hierzu DAUGS/BLISCHKE 1983) ist erst in jüngster Zeit zu verzeichnen (HANDKE/WAGNER 1984). Gestaltungshinweise gründen sich dabei noch weitgehend auf das literaturbasierte Urteil von Fachleuten: empirische Untersuchungen zur Lernwirksamkeit von Lehrbildreihen im allgemeinen liegen kaum vor (LEIRICH 1973, S. 1; BURMEISTER 1976 ; KELLER 1976) und experimentelle Arbeiten zur Auswirkung spezifischer Visualisationsvarianten statischer Lehrmedien im Sport gibt es erst in Ansätzen, vgl. KRUBER/FUCHS et al. (1980) und

DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/GENKE (1986) zum Einfluß des Abstraktionsgrades bildlicher Darstellungen von Bewegungsabläufen auf Aufgabenverständnis und Ausführungsleistung, sowie DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/BALSCHBACH/FEHRES (1983) zum Problem der Anordnungsstruktur von Lehrbildreihen im Sport.

Wenn auch keineswegs grundsätzlich an der Wirksamkeit dieser Form rein bildlicher Lehrobjektivation hinsichtlich des Ziels, im Rahmen initialer sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse in "wirksamer Weise sowohl den Lernvorgang anzustoßen, als auch die Bewegungsvorstellung zu präzisieren" (KOCH/NETT 1969, 1970, Vorwort) zu zweifeln ist, wie nicht zuletzt die rege Nachfrage nach entsprechendem Material zum Beispiel der Eidgenössischen Turn- und Sportschule Magglingen (u. a. 14 Lehrbildreihen Leichtathletik: Jugendliche; SCHIERLE/STRÄHL 1979) zeigt, und wenn auch bis vor wenigen Jahren maßgebliche Fachtheoretiker (MEINEL 1971) sogar noch dafür plädierten, in der Anfangsphase motorischen Lernens gezielte verbale Instruktionen zugunsten global-visueller Darbietungsformen (Vormachen, Bild) zurückzustellen, so werden doch mittlerweile einhellig von einer geeigneten Kombination visueller und verbaler Information die größten Lerneffekte erwartet (LEIRICH 1973; CRATTY 1975, S. 144; UNGERER 1977; DAUGS 1979, S. 214 ff).

Dieser Gesichtspunkt wird auch von maßgeblichen Lehrbildreihen-Konstrukteuren betont: "Bild und Wort (bzw. Text) bilden eine Einheit. Erst durch die fachmännische Interpretation der Bildreihe kann sie sinnvoll im Unterricht eingesetzt werden. ... In jedem Fall müssen visuelle und verbale Information eng miteinander verzahnt werden" (STRÄHL 1978, S. 156). Diese Auffassung hat sich immer dort auch in Versuchen zur medientechnischen Lehrobjektivation niedergeschlagen, wo der Integrationseffekt von Sprache und Bild der Zufälligkeit entzogen werden sollte, und wo mit dem didaktischen Anspruch der Selbstinstruktion und der Individualisierung von Lerntempo und Lernwegen ernst gemacht wurde, sowie insbesondere dann, wenn das Problemfeld der Fehlererkennung und -korrektur medientechnisch angegangen wurde. Hierfür typische Produkte sind u. a. Lehr- und Lerntafeln (REINFRANK 1980), textgestützte Arbeitsblätter zum Vergleich von Sollwert- und Fehlerbild (STRÄHL 1977), Arbeitskarten-Systeme zur Konditions-, Haltungs- und Koordinationsschulung (KRUBER/KRUBER/FUCHS 1975; FUCHS/KRUBER/

CICURS 1980), und verschiedene Formen der Lehrprogrammierung im Sportunterricht (vgl. die diesbezügliche Übersicht bei DAUGS 1979, S. 278 ff).

Welche Vorteile böte nun eine solche bimodale Kodierung im Rahmen sensomotorischer Konzeptualisierungsvorgänge bei einer unterrichtspraktischen Zwecken angemessenen Lernschrittgröße (Schwierigkeitsgrad, Informationsmenge, Darbietungszeit betreffend; vgl. hierzu BLISCHKE 1977, 1980 sowie DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/MARSCHALL 1982 b, S. 23)? Pointiert gesagt, verlangt die Entwicklung einer Bewegungsvorstellung einerseits die Klassifikation einiger ausgezeichneter räumlicher Zielpunkte einzelner (ebenfalls zu spezifizierender) Gliedmaßenabschnitte relativ zum Körper und evtl. zu weiteren externen Bezugssystemen. Andererseits bedarf es der integrierenden Zuordnung jeweils mehrerer solcher Punkte zu ausgliederbaren Teilbewegungen (Operationen), zu funktionalen "koordinativen Strukturen", etc.. Beides muß zusammentreten. Zusätzlich ist eine Kennzeichnung der zeitlichen Abfolge dieser Operationen, ggf. in präziser Relation zu ganz bestimmten räumlichen Spezifikationen, erforderlich. Entsprechend der unterschiedlichen denotativen Möglichkeiten unterschiedlicher Zeichensysteme (vgl. 2.1.2.2.2.) lassen sich räumliche Spezifikationen am ehesten und prägnantesten bildlich fixieren. Begriffliche Superierungen und Strukturierungen von Bedeutungseinheiten lassen sich am klarsten sprachlich fassen, ebenso der aktualisierte Abruf "gekonnter" Bewegungsmuster oder koordinativer Strukturen. Die Darstellung zeitlicher Abläufe und Relationen ist ein Handicap statischer Präsentationsformen, auch der Sprache, wenn die Einhaltung bestimmter Zeitparameter letztlich die Invarianz der räumlichen Konstellation gewährleistet, oder sich im Selbstlauf teilautonomer Subsysteme "einstellt". Hier scheint eine geschickte Kombination von Bild und Sprache einen Behelf darzustellen, der eine noch weitgehend generalisierte Rahmenorganisation der Zielbewegung schon ermöglicht, meistens jedoch weitere feedback- und korrekturorientierte Übungsprozesse notwendig macht. An dieser Stelle wären weitergehende semantische Merkmalsanalysen einschlägigen Wortmaterials und graphischer Hilfsmittel gefordert.

Angesichts einer insgesamt zwingend begrenzten Darbietungsdauer und (pro Zeiteinheit zu verarbeitender) Gesamtinformationsmenge, die in der Spanne bewußter Gegenwärtigung (Kurzzeitgedächtnis) vom Lernenden noch zu bewältigen ist, kann ein Zusammentreten von Bild und Text also aufgrund der je-

weils unterschiedlichen denotativen Möglichkeiten beider Zeichensysteme

- die Verständlichkeit erhöhen, wenn eine hinreichende semantische Belegung relevanter Komponenten in dem einen oder dem anderen Zeichensystem (personseitig) nicht gegeben ist,
- die konzeptuelle Integration verschiedenartiger Einzelaspekte (Bild) zu Bedeutungseinheiten (Superierung) beschleunigen (durch die sprachliche Komponente),
- die im Bewegungsrepertoire schon vorhandenen und als Begriffe abrufbaren Operationen ko-ordinieren (Sprache),
- diese Operationen im Hinblick auf das aktuell gegebene räumliche Bezugssystem ausreichend und rasch ("auf einen Blick") bezüglich absoluter räumlicher und zeitlicher Anforderungen spezifizieren (durch die bildliche Komponente),
- einen für Memorationsprozesse günstigen Begriffsanker für zahlreiche (auch in den nachfolgenden Realisierungen erst erfahrbare) senso-motorische Merkmale bereitstellen (Sprachkomponente mit ihrer syntaktischen Ordnung semantischer Etikettierungen), der
- durch die mit ihnen assoziierten Details der beigegebenen Bildkomponente in der Antwortsituation (Bewegungsrealisierung) sofort und ausreichend sensorisch spezifiziert werden kann, um als Rahmen für die aktuelle Bewegungssteuerung und -regulation dienen zu können.

Die informationsverdichtende, schon bekanntes gebündelt integrierende und für die Memoration strukturgebende Sprachkomponente nimmt dabei offensichtlich eine tragende Funktion ein. Dies kommt nicht zuletzt auch in den Konstruktionsverfahren und konkreten Endprodukten bisheriger erfolgreicher Lehrprogrammierung im Sportunterricht zum Ausdruck, wo Bilder eine oftmals unverzichtbare erläuternde oder organisierende (Lernleitzeichen, etc.) Funktion haben, die informationelle Struktur des gesamten Lehralgorithmus jedoch durchweg an der verbalen Komponente festgemacht ist.

Enthält die Bild- oder Textkomponente für sich genommen nicht alle notwendigen Merkmale (materialtechnisch bzw. lerntheoretisch begründete Begrenzung der Menge zu verarbeitender Einzelreize), oder sind dem Lernenden die benutzten (ikonischen bzw. sprachlichen) Symbolzuweisungen nicht hinreichend bekannt (alltags- bzw. sozialisationsbedingte Entwicklungsdefizite), oder sind schließlich aus einem (semantisch vollständigen) unimodalen In-

formationsangebot die essentiellen Einzeldaten bzw. sensomotorischen Operationen nicht innerhalb der individuell gegebenen Gegenwartsdauer (Bewußtseinsspanne) zu extrahieren (Identifikation) und zu einem bewegungsfunktionalen Konzept zu integrieren (Altersdefizite und/oder Mängel der Verarbeitungsstrategie), dann sind von einer bimodalen Präsentationsform Leistungssteigerungen (weniger Fehler) in der Acquisitionsphase zu erwarten. Die jeweiligen unimodalen Präsentationsvarianten müßten demgegenüber (im Detail modalitätsspezifische) Leistungsdefizite induzieren.

Lassen sich für eine einheitliche, vertretbare Darbietungszeit semantisch gleichwertige uni- und bimodale Präsentationsvarianten konstruieren (Primärbegriffs-Niveau!), so sind nicht unbedingt unmittelbare quantitative Lernleistungsdifferenzen zu erwarten. Wohl aber dürfte eine bimodale Darbietungsform die Ausnutzung psychisch weniger anstrengender Identifikations- und Verarbeitungsstrategien begünstigen (weniger rasche Ermüdung; höhere Motivation), und könnte sich möglicherweise in einer stabileren Behaltensleistung auswirken (Resistenz gegenüber motorischen, visuellen oder verbalen Interferenzaufgaben). Ein solcher Effekt dürfte unter dem Gesichtspunkt einer größeren Unterrichtseinheit (eine bis fünf Doppelstunden mit gemischtem Inhalt) umfassenden Lernorganisation wichtig werden. Man muß also bei der Beurteilung solcher in der Informationsmodalität differierender Präsentationsvarianten sowohl die Lern- (acquisition) als auch die Erinnerungsleistung (retention) einbeziehen, eine Unterscheidung, die im übrigen in der Forschung zur Bild-Text-Interaktion bislang noch keine systematische Beachtung gefunden zu haben scheint.

Die Auswirkung von Reihefolgeeffekten bei der Verwendung bimodalen Instruktionsmaterials scheint angesichts der (hypothetisch) engen funktionalen Verflechtung von Bild und Text und der relativ großen Darbietungszeiten von durchweg mehreren Sekunden bei zugleich großer zeitlicher Nähe der Betrachtung beider informationellen Komponenten (simultane Darbietung!) höchst ungewiß, wenn auch keineswegs auszuschließen (vgl. 2.2.3.). Hier lassen sich vernünftige Hypothesen nur im Hinblick auf eine faktisch getrennte, zeitlich nacheinander erfolgende Präsentation von Bild- und Textinformation formulieren, die eine weitgehend getrennte Verarbeitung jeder Modalitätskomponente für sich erwarten ließe. Wiewohl dieser Aspekt von grundsätzlicher theoretischer und auch praktischer Bedeutung wäre, besteht ein Erklärungs-

bedarf im Bereich sportspezifischer Medienkonstruktion und -evaluation zur Zeit eindeutig bezüglich der Wirkungsweise (statischer) Simultandarbietung.

Ungeachtet der Vielzahl im Sport zum Einsatz gebrachter Formen der Lehrobjektivierung und entsprechender Visualisationsspielarten liegen jedoch nahezu keine konkreten, empirisch gesicherten Anhaltspunkte für modalitätsspezifische Auswirkungen auf den sensomotorischen Informationsumsatz vor. Die soeben skizzierten Überlegungen haben also durchweg hypothetischen Charakter.

Wenn bisher Untersuchungen durchgeführt wurden, so zielten sie i. d. R. auf die Gesamtevaluation eines Lehrverfahrens, bei Lehrprogrammen vor allem auf Überprüfung und ggf. Modifikation der resultatorientierten algorithmischen Struktur von Lehr-Lern-Schritten. Ausreichend umfängliche und systematische Evaluationsstudien wurden auch in diesem Bereich bisher nur von den Arbeitsgruppen um KRUBER/FUCHS (vgl. etwa KRUBER/FUCHS 1973; FUCHS/KRUBER 1974; KRUBER/FUCHS/CORDS 1975 sowie die kritische Aufarbeitung dieses Versuchs bei DAUGS 1979, S. 363 ff) und um DAUGS vorgelegt. Vollständige und empirisch hinreichend begründete Revisions-Validierungs-Zirkel wurden einschließlich einer detaillierten Methoden- und Ergebnisdarstellung exemplarisch mit der Entwicklung von Lektionen fehlerverzweigter Lehrprogramme nur im Alpinen Skilauf (DAUGS/NEUGERG/PARPAT/WALZ 1975; DAUGS/NEUBERG 1977; DAUGS 1979, S. 381 ff, S. 401 ff) und im Schwimmen (BLISCHKE/DAUGS/NEUBERG 1976; BLISCHKE/DAUGS/SPERLICH 1977; BLISCHKE 1977; BLISCHKE/DAUGS/NEUBERG 1980) vorgelegt. Nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt von Fehlerverzweigungen in der Struktur dieser Lehrverfahren wurden hierbei schon explizit theoretische Überlegungen zur Integration von Bildern, Lern-("Basal"-)Texten und alphanumerischen bzw. symbolischen Lernleitzeichen angestellt und konkret mit entsprechenden graphisch-typographischen Gestaltungsmitteln umgesetzt (vgl. u. a. DAUGS 1979, S. 399; BLISCHKE 1980, S. 55 ff). Auch hierin stand allerdings im Rahmen experimentellen Vorgehens immer die Gesamtwirkung einer komplexen Informationseinheit (Vorinformation; Lernkarte; Korrekturkarte) in bezug auf Verständlichkeit, Realisierbarkeit und angemessene Lernschrittgröße, und damit die Struktur des Lehrwegs im Vordergrund. Interaktionseffekte von Bild- und Textinformation im Zuge sensomotorischer Konzeptualisierung, also beim Neulernen von Bewegun-

gen, wurden im Sport unseres Wissens bislang gezielt und direkt empirisch nicht untersucht. Ebensowenig sind mir kontrollierte Vergleichsstudien zur Auswirkung systematischer Variationen der graphisch-typographischen Gestaltung bimodaler visueller Lehrmedien im Sport oder zur Lernwirksamkeit bimodaler im Vergleich zu unimodalen Präsentationsformen bei konzeptuell gleicher Information bekannt.

Lediglich KRUBER/FUCHS/STOLTE (1977) und KRUBER/FUCHS et al. (1980, S. 85 ff) haben bislang in einer Untersuchung zum Einfluß von Bewegungszeichnungen auf das Verständnis von schriftlich fixierten Bewegungsanweisungen dieses Problem aufgegriffen. Nach dem SHANNON-WELTNER'schen Rateverfahren (WELTNER 1970, S. 39, S. 41) wurde an 72 Drittklässlern die Schwierigkeit 18 gleichwertiger, knapper Sätze ("Ziehe Dich über die Bank") nach Vorgabe des ersten Textfünftels sowohl ohne Bild als auch bei gleichzeitiger Präsentation des betreffenden Sachverhalts in Gestalt einer einfachen Bildszene ermittelt: Gegenüber der reinen Textversion reduzierte das Hinzutreten einer bildlichen Darstellung der Aufgabe den (buchstabenbezogenen) mittleren Informationsgehalt (bit/Zeichen) der Sätze um etwa 50 %; dieses Ergebnis sowie die Mittelwertsunterschiede waren auf dem 5 %-Niveau signifikant (ebenda S. 87).

Bei den gewählten Bewegungsaufgaben (Übungsaufgaben zur allgemeinen Bewegungsschulung für Grundschüler) handelt es sich allerdings um Bewegungsabläufe, die in ihrer Struktur schon vor Beginn des Experiments beherrscht wurden ("gekonnte" Bewegungen, z. B. über ca. 30 cm hohe Hindernisse steigen), und die den Probanden auch im Rahmen der jeweils spezifischen Aufgabenstellung (z. B. mit Ball in Hochhalte nacheinander über drei auf einer Schwebebank liegende Bälle steigen) bereits geläufig gewesen sein dürften (vgl. KRUBER/FUCHS et al. 19 , S. 85, S. 95). Diese Einschränkung erscheint uns im Hinblick auf die bereits diskutierte Problematik sensomotorischer Konzeptualisierung als der Herausbildung eines kognitiven Konzepts, also des Aufbaus einer zuvor noch nicht vorhandenen semantisch-begrifflichen Struktur (vgl. 2.1.1.; 2.1.2.1.1.; 2.1.2.2.2.; 2.1.3.4.) wesentlich: In der zitierten Untersuchung geht es also nicht um ein Neulernen , sondern lediglich um das Wiedererkennen von Bewegungsabläufen. Weiter ist ein-

schränkend anzumerken, daß aufgrund der methodischen Anlage der Untersuchung nicht die Bewegungsrealisierung als Testkriterium herangezogen wurde. Die hiermit verbundenen Fragen (Modalitätssubstitution; Äquivalenz von Intention, sprachlicher Repräsentation und sensomotorischer Realisierung; etc.) bleiben also noch offen.

Abgesehen davon allerdings fügt sich die erwähnte Studie mit ihren Ergebnissen (ebenda S. 87) durchaus in den Rahmen der unter 2.2.2. dargestellten Befunde zur Bild-Text-Interaktion ein und mag sogar zunächst als Bestätigung der semantischen Diskrepanzhypothese erscheinen. Grundsätzlich ist jedoch einzuwenden, daß in keinem Fall den Probanden der vollständige Text (also der gesamte semantische Gehalt der Aufgabe) präsentiert, und daß die Wirksamkeit beider Präsentationsvarianten nicht an einem Außenkriterium gemessen wurde: Kriterium ist ja in beiden Fällen die Textergänzung, also die Rekonstruktion der unimodalen Präsentationsvariante. Somit liegen keinerlei Anhaltspunkte darüber vor, was die Texte selber zum Aufgabenverständnis beitragen. Auch kann daher von einem fairen Vergleich uni- und bimodaler Präsentationsformen keine Rede sein; d. h. der Informationsgewinn durch die zusätzliche Bilddarbietung kann nicht ohne weiteres im Sinne der Diskrepanzhypothese interpretiert werden. Schließlich fehlt - abgesehen von dem Aspekt des Neuerwerbs einer komplexen Bewegung - ein Test der Behaltenswirksamkeit als zweitem essentiellen Kriterium von Lernexperimenten, resultiert doch Lernen (per Definition) im Effekt immer in einer überdauernden Verhaltensänderung. Darüberhinaus bleiben mögliche Reihenfolgeeffekte (vgl. 2.2.3.) in dieser Untersuchung völlig unberücksichtigt; ebensowenig wird die Wirkung von Texten auf das Bildverständnis angesprochen[)].

Die Arbeit von KRUBER/FUCHS et al. gibt also insgesamt kaum eine Antwort auf die Frage, was Bild und Text, allein (unimodal) oder kombiniert (bi-

[)] Daß allerdings selbst bei einer geläufigen bildlichen Darstellung bekannter, einfacher Bewegungsaufgaben noch Ratefehler bei der Textergänzung auftraten, läßt im übrigen - bei aller Vorsicht - vermuten, daß auch bei Kindern im Grundschulalter die imaginale, vielfältig interpretierbare Kodierung der Instruktionen der Ergänzung durch eine abstrakt-begriffliche Kodierung zum besseren Verständnis durchaus bedarf.

modal) dargeboten, zur Entwicklung von Bewegungsvorstellungen beitragen können. Weitere Untersuchungen hierzu aus dem Bereich des Sports, auch aus dem nicht-deutschsprachigen Raum, sind uns nicht bekannt.

Angesichts des skizzierten mediendidaktischen Stellenwerts apersonaler statischer Bewegungspräsentationen im Sportunterricht (Herausbildung einer Bewegungsvorstellung, die als notwendige interne Ausführungsvorschrift für die zu realisierende Bewegung sowie als Vergleichsschablone für Soll- und Istwerte zu verstehen ist), und in Anbetracht der angedeuteten Problemvielfalt und Zufälligkeit bei der Visualisation sportmotorischer Lehrmaterialien (vgl. DAUGS/BLISCHKE 1983), was bislang weder von den Medienherstellern erkannt, noch von der sportwissenschaftlichen Mediendidaktik und Unterrichtstechnologie in ausreichender Weise aufgegriffen worden ist, erscheint eine sportspezifische Visualisationsforschung zur Verbesserung der Akzeptanz und Wirksamkeit sportmotorischer Lehrmedien daher angezeigt. Neben den vorwiegend bewegungstheoretischen Fragen des gegenstandsbezogenen Problembereichs ("Was soll visualisiert werden?"; ebenda S. 112 ff, vgl. auch 2.1.2.2.1. und 2.1.2.3.) und den mehr informationspsychologischen Aspekten des quantitativen Problembereichs ("Wieviel soll visualisiert werden?"; ebenda S. 116 ff), ist insbesondere der graphisch-typographische Problembereich ("Wie soll visualisiert werden?"; ebenda S. 118 ff) von Bedeutung: Die eingangs entwickelten Überlegungen zur sensomotorischen Konzeptualisierung im "kognitiven Vorlauf" (vgl. 2.1.1. und 2.1.2.1.1.) auf der Basis ikonisch-analoger und diskret-digitaler (sprachlicher) Kodierungen der sensomotorisch relevanten Information (2.1.2.3. und 2.1.3.) einerseits, und andererseits die in diesem Kapitel vorgestellten wahrnehmungs- und gedächtnispsychologischen Befunde und lerntheoretischen Ergebnisse zur Wirksamkeit bestimmter Visualisationsformen (Bild-Text-Integration; Reihenfolgeeffekte; vgl. 2.2.2. und 2.2.3.) scheinen vielversprechende Ansatzpunkte für eine Effektivierung der Visualisation statisch präsentierter sportmotorischer Lehrmaterialien zu bieten. Die in 2.2.2. und 2.2.3. dargestellten Ergebnisse und Schlußfolgerungen müssen hierfür zur notwendigen Orientierung herangezogen werden und auf ihre Gültigkeit und Brauchbarkeit im Rahmen sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse überprüft werden. In dieser Weise ausgerichtet, leistet eine lerntechnologisch orientierte Forschung im Sport zugleich einen Beitrag zur Überprüfung und Erweiterung der oben diskutierten gedächtnispsychologischen Modelle und Theorien.

2.2.5. Zusätzliche Einflußfaktoren auf die Behaltenswirksamkeit unterschiedlicher Informationsmodalitäten

Die experimentelle Analyse von Modalitätseffekten auf die Lern- und Behaltensleistung ist mit einer Reihe von prinzipiellen und methodischen Problemen verbunden, von denen die im Rahmen unserer Fragestellung wichtigsten kurz angesprochen werden sollen.

Zunächst einmal sind die im Instruktionsmaterial selbst beschlossenen Bedingungen zu berücksichtigen: Auf die Schwierigkeiten, den Einfluß der Bildhaftigkeit des Materials (und die daran zu knüpfende Annahme eher analog-imaginaler oder seriell-verbaler Mediationsprozesse) von dem seiner Bedeutungshaltigkeit (und die damit verbundenen Überlegungen zur Elaboriertheit der Verarbeitung) experimentell abzugrenzen, wurde eingangs dieses Kapitels schon hingewiesen (vgl. auch WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 3, S. 27). Zudem scheinen insbesondere bei sinnhaften Texten sowohl das imagery-Konzept als auch die semantische Diskrepanz-Hypothese an Gültigkeit und Erklärungskraft einzubüßen (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 47, S. 114, S. 117 sowie BOCK 1983, S. 77). Es darf daher nicht überraschen, wenn der Versuch scheitert, zwischen konzeptuell äquivalenten Bild- und Text-Instruktionen Unterschiede in der Behaltenswirksamkeit aufzuzeigen bzw. wenn sich eine redundante bimodale Kodierung einer entsprechenden unimodalen Kodierung im sensomotorischen Lernprozeß nicht in jedem Fall als eindeutig überlegen erweist. Ein solches Ergebnis würde nicht schon die hier entwickelten theoretischen Ansätze selber widerlegen, wohl aber ihre praktische Relevanz für den uns interessierenden Anwendungsbereich einschränken.

Eng verknüpft mit dem soeben geschilderten Aspekt sind aufgabenspezifische Einflußfaktoren: Allein schon aus der Präsentation normal verständlicher Texte scheint sich für den Betrachter die Aufforderung zur Suche nach Sinn ("effort after meaning"; BARTLETT 1932) ergeben; WIPPICH/BREDENKAMP (1979, S. 115) begreifen hier gegenüber den Eigenschaften des Stimulusmaterials die Eigenaktivität des Lernenden als das entscheidende Moment. Dieses Moment wird wesentlich verstärkt durch den Zwang der sensomotorischen Lernaufgabe: Der Lernende kann sich nicht auf die "Memoration" sinnlich direkt erfaßbarer Aspekte des Instruktionsmaterial und auf deren Wiedererkennen

oder modalitätsgleiche Wiedergabe beschränken, sondern er muß die in der statischen, symbolischen Instruktion enthaltene konzeptuelle Bedeutung entschlüsseln, um eine dynamische, konkrete Bewegung tatsächlich auch ausführen zu können. Im Vordergrund steht also kein wortwörtliches bzw. zeichnerisch detailgetreues Reproduktionskriterium, sondern der reproduzierte Sinngehalt (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 114). Das hat auch im Hinblick auf die Rezeption der Bildkomponente Konsequenzen: Wenn auch vielleicht nicht unbedingt in jedem Fall eine sprachliche Benennung der bedeutungsrelevanten Bildaspekte erfolgt, so ist doch deren Abarbeitung in Form von Begriffszuordnungen (und damit eine präzise Analyse) erforderlich, die es dem Lernenden erlauben, die notwendigen Äquivalenzbeziehungen zwischen Bildaspekten einerseits und der Relation von Körperpunkten und Teilbewegungen im selbstreferentiellen Bezugssystem andererseits herzustellen. Eine "oberflächliche" Informationsverarbeitung ist also bei sensomotorischen Lernaufgaben keinesfalls zu erwarten, und auch eine kontextuelle Integration des Materials wird bereits durch die Aufgabenstellung selbst gewährleistet. Dies dürfte speziell die Bedeutung von Reihenfolgeeffekten bimodaler Repräsentationsformen für die Behaltensleistung mindern. Insgesamt dürfte also die mit einer sportspezifischen Aufgabenstruktur gegebene Bedingung sinnvoll strukturierten Lehrmaterials in einem bedeutungsvollen Kontext den Nachweis von Modalitätseffekten deutlich erschweren

Noch ungewiß ist dagegen, ob und inwieweit bei längerfristigen Behaltensanforderungen im Unterschied zu kurzfristigen Reproduktionsleistungen (vgl. WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 110, S. 114, S. 117) Modalitätseffekte zum Tragen kommen ("acquisition - retention" - Problem; vgl. auch LEE/MAGILL 1983).

Offen ist auch, inwieweit Behaltenstests in unterschiedlicher Weise auf Modalitätseinflüsse ansprechen. WIPPICH/BREDENKAMP (1979, S. 116) verweisen u. a. auf die größere Sensibilität von Wiedererkennensaufgaben bezüglich imaginaler Verarbeitungsprozesse gegenüber solchen Reproduktionsverfahren, bei denen die Probanden die Abrufinformation selbst generieren müssen (ebenda S. 112). Die Wiedererkennensleistung spielt im Sport bei Aufgaben der Bewertung und Fehlererkennung eine wesentliche Rolle, während die Konzeptualisierung und Realisierung neuer Bewegungen eine ausgesprochen

konstruktive Leistung darstellen.

Alle diese Überlegungen wären in der Forschungsplanung bei der Entscheidung der konkreten Fragestellung von Experimenten mit zu berücksichtigen. So ist durchaus denkbar, daß sich die für Bilder und Texte gegebenen Modalitätsunterschiede bei Wiedererkennensaufgaben eher auswirken als bei der eigenen Bewegungsausführung, während letztere sich möglicherweise nicht schon durch Modalitäts- und Reihenfolgeeffekte als solche verbessern, wohl aber eine grundsätzliche Überlegenheit bimodaler gegenüber unimodalen Präsentationsformen erwarten läßt: Die redundante, aber semantisch diskrepante Kodierung sollte gerade über längere Behaltens-Zeiträume hinweg eine exaktere, detailliertere (Re)Konstruktion der Bewegungsaufgabe und Generierung sensomotorischer Programmarken gewährleisten.

Der dritte Komplex wesentlicher Einflußfaktoren ist in den personspezifischen Bedingungen der untersuchten Probanden zu sehen: Schon allein die zu erwartenden interindividuellen Unterschiede in der Bearbeitung und Utilisierung unterschiedlicher Informationsmodalitäten und Kodierungsstrategien sind beträchtlich (vgl. auch WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 118). Werden nun die Stimulusbedingungen intersubjektiv variiert, so werden die individuellen Unterschiede bezüglich der Lern- und Behaltensmaße der Fehlervarianz zugeschlagen, und die Wahrscheinlichkeit, tatsächlich vorhandene Modalitätseffekte nicht zu entdecken, wird relativ groß. Als Forschungsstrategie ist deshalb eine Verbindung von allgemein- und differentialpsychologischer Fragestellung angezeigt, die es schließlich gestattet, Aussagen darüber zu machen, in welchem Ausmaß unterschiedliche Probandengruppen auf die oben diskutierten Modalitätseffekte (vgl. 2.2.2. und 2.2.3.) ansprechen.

Ansatzpunkte für eine solche Strategie wären einmal Hinweise auf habitualisierte Formen der Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Informationskomponenten, die relativ indifferent gegenüber einer Variation der Material- und Aufgabenbedingungen zu sein scheinen, und sowohl die Informationsaufnahme (vgl. 2.3.) als auch interne kognitive Verarbeitungsstrategien betreffen (WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 112, S. 114). Aus mediendidaktischen Erwägungen gewinnt in diesem Zusammenhang insbesondere die altersabhängige Veränderung von Wahrnehmungs- und Verarbeitungsstrategien an Bedeutung

(vgl. 2.4.): So muß man einerseits davon ausgehen, daß Kinder in mancher Hinsicht erst lernen müssen, Bilder "zu lesen" (HANNEMANN 1983, S. 54 ff) und sie im Unterschied zu Erwachsenen den in einem Bild im Vergleich zu einem Text enthaltenen Bedeutungsüberschuß noch nicht zu erschließen vermögen. Andererseits ist aber bekannt, daß kognitive Entwicklung und Entwicklung der Sprache miteinander verkoppelt sind und erst mit dem 11. bis 13. Lebensjahr ein systematischer Übergang von konkreten zu formalen Denkoperationen zu verzeichnen ist (von EYE/von EYE/HUSSY 1980, S. 535), was mit einer Präferenzverschiebung von ikonisch-imaginalen zu symbolisch-digitalen Kodierungsformen einhergehen dürfte. Bis zu diesem Zeitpunkt dürfte auch eine im Sinne der semantischen Diskrepanzhypothese das Aufgabenverständnis und die Behaltensleistung unterstützende zusätzliche Textinformation von Kindern weniger genutzt werden.

Ein weiterer relevanter personspezifischer Einflußfaktor ist in der individuellen Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses (KZS) zu sehen. In gängigen, auch physiologisch basierten Mehrspeicher-Konzeptionen (vgl. u.a. R. F. SCHMIDT 1980, S. 181) wird generell ein Arbeitsspeicher bzw. operatives Gedächtnis verortet, das als aktueller Prozessor die das endgültige Behalten determinierenden Vorgänge der Bewertung, Auswahl und aktiven Umstrukturierung von Wahrnehmungsinhalten bewerkstelligt, wobei wiederum aktuelle Wahrnehmungen und Gedächtnisbesitz ineinandergreifen. Die hier gespeicherten Informationen sind unmittelbar präsent, dem Bewußtsein zugänglich und sollen sich durch eine Vielzahl von Attributen auszeichnen können ("... acoustic, visual, semantic, relational, or what ever depending on the activities of the central processor"; BJORK 1975, S. 154). Sie schließen also sowohl kategorial-begriffliche Komponenten als auch visuelle Merkmalsattribute und imaginale Bedeutungskomponenten gleichermaßen ein (vgl. auch die diesbezügliche Übersicht bei WIPPICH/BREDENKAMP 1979, S. 35). Die hier anzusiedelnden Vorgänge sind daher für die kognitiven Anteile sensomotorischen Lernens von zentraler Bedeutung. Diese bewußte Informationsverarbeitung ist in ihrer Kapazität außerordentlich begrenzt (FRANK 1969; KÜPFMÜLLER 1974, S. 234). Große interindividuelle Differenzen in der Kurzzeitspeicherkapazität sollten daher insbesondere bei sukzessiver Bearbeitung mehrerer gleichartiger bimodal kodierter Aufgaben die modalitätsspezifische Zuwendung konsistent und gerichtet beeinflussen: Je geringer die KZS-Kapazität, desto mehr sollte die Bildkompo-

nente bevorzugt werden, da die Bedeutungsentnahme und die Integration von Einzelmerkmalen unmittelbarer und rascher erfolgen kann, eine Integration der sprachlich dargebotenen Einzelaspekte dagegen sukzessives Lesen und das Präsenthalten der bereits gelesenen Teilinformationen während des gesamten Lese- und Superierungsvorgangs im KZS erfordert, und weiter die Bedeutungsentnahme aus den Textkomponenten grundsätzlich zunächst den Aufruf der lexikalischen Wortadressen verlangt, und eine differenzierte Merkmalsattribuierung seriell (von Wort zu Wort) "top down" erfolgt - alles Prozesse also, die Zeit verbrauchen. Unabhängig von naheliegenden modalitätsspezifischen Effekten gilt darüber hinaus die Kurzspeicherkapazität als ein wesentlicher Basisfaktor allgemeiner intellektueller Leistungsfähigkeit (fluide Intelligenz), und ist von daher als maßgeblicher Einflußfaktor bezüglich interindividueller Leistungsdifferenzen einzustufen (vgl. LEHRL 1974, 1979; LEHRL/ERZIGKEIT 1976).

Insgesamt ist also aufgrund verschiedenartiger person spezifischer Bedingungen eine hohe interindividuelle Ergebnisvariabilität zu erwarten.

Ein letzter Komplex von Einflußfaktoren ist in den Experimentalbedingungen selbst zu sehen. Insbesondere die Darbietungszeit, sowie auch die konkreten Instruktionsbedingungen dürften nicht ohne Einfluß auf Strategien der visuellen Informationsaufnahme und auf die Lern- bzw. Behaltensleistung bleiben. Die in den experimentellen Rahmenbedingungen beschlossenen Faktoren dürften dabei in der Regel komplexe Interaktionen eingehen.

Während also aufgaben- und materialspezifische Einflußfaktoren die Auswirkungen modalitätsspezifischer Unterschiede auf die sensomotorische Konzeptualisierung in ihrem Ausprägungsgrad möglicherweise stark dämpfen, bringen personspezifische und experimentalmethodische Einflußfaktoren sehr wahrscheinlich eine hohe Störvarianz der Ergebnisse mit sich, die den Nachweis selbst praktisch relevanter Modalitätseffekte erheblich erschweren kann. Wenn auch der Einfluß der Experimentalbedingungen weder auszuschließen ist, noch im einzelnen kenntlich gemacht werden kann, so lassen sich diese Bedingungen doch einigermaßen konstant halten und insofern kontrollieren. Der Dämpfungseffekt von Material- und Aufgabenaspekten muß hingenommen werden, geht es doch nicht in erster Linie um die Ausdifferenzierung einer Theorie,

sondern um die Abschätzung der praktischen Relevanz theoretisch vorausgesagter Effekte für den sensomotorischen Informationsumsatz im Rahmen zielgesteuerter Lehr-Lern-Prozesse. Allein im Hinblick auf die vielfältigen personspezifischen Einflußfaktoren ist eine differenziertere Einschätzung angebracht: Einerseits dürfen fehlende Treatmenteffekte bei zugleich großer interindividueller Varianz nicht vorschnell als Widerlegung der theoretischen Annahmen interpretiert werden; andererseits ist eine stufenweise Auspartialisierung unterschiedlicher Einflußfaktoren im Zuge einer entsprechenden experimentellen Forschungsstrategie anzustreben. Hierbei erscheint die Konzentration auf drei Schwerpunkte vorrangig: Erstens gilt es, sich grundsätzlich Klarheit zu verschaffen über Bedeutung und Reichweite der verschiedenen Annahmen zur Text-Bild-Interaktion im Hinblick auf die Aufgabenklasse des Bewegungsneulernens; dies betrifft insbesondere die mit Reihenfolgeeffekten verbundenen Erwartungen. Hieran entscheidet sich, ob die Bearbeitung dieses Aspekts der Mediengestaltung weiterhin überhaupt pragmatisch sinnvoll ist, d. h. konkret, ob die treatmentbedingten Unterschiede gegenüber dem normalen interindividuellen Variabilitätsspielraum ins Gewicht fallen. Zweitens ist zu klären, ob im Rahmen von Lernaufgaben habituellen Strategien der Informationsaufnahme Bedeutung beizumessen ist, und inwieweit diese möglicherweise mit lernrelevanten Modalitätseffekten interferieren. Hieraus ergäben sich Hinweise auf medienseitig leicht handhabbare Möglichkeiten einer Lernoptimierung, sowie Ansätze zu einer differenzierteren Analyse von Lerndefiziten. Drittens ist zu fragen, ob grundsätzlich mit relevanten alters- bzw. entwicklungsbedingten Unterschieden in der Auswirkung von Modalitätseffekten auf die sensomotorische Lernleistung zu rechnen ist. Hiermit ließe sich abschätzen, ob unterrichtstechnologische Entscheidungen zur Mediengestaltung und den sich daraus ergebenden Folgewirkungen (Produktion, Validierung, Implementation) in Zukunft global getroffen werden können, oder ob sie grundsätzlich entwicklungsstufenspezifisch vorgenommen werden müssen.

Eine weitergehende Versuchsplanung zur detaillierten Erfassung personseitiger Faktoren (Verarbeitungsstrategien, etc.) erscheint uns überhaupt erst im Anschluß an eine Erarbeitung solcher groben Strukturaussagen zum skizzierten Problemfeld sinnvoll und forschungsökonomisch vertretbar zu sein.

2.3. Zur Bedeutung habitueller Blickstrategien für die visuelle Aufnahme von Bild- und Textinformationen

Die im vorangegangenen Kapitel (2.2.) geschilderten behaltensrelevanten Modalitätseffekte hängen davon ab, ob, in welcher Reihenfolge und ggf. in welchem Ausmaß die einzelnen Komponenten bimodaler Präsentationsformen betrachtet werden. Will man also diesbezügliche Hypothesen bei simultan präsentierten Informationskomponenten überprüfen, oder sogar entsprechende Effekte durch geeignete Materialmanipulationen kontrolliert induzieren, muß man sich Aufschluß über die Struktur der visuellen Informationsaufnahme verschaffen. Zugleich lassen sich auf diese Weise interindividuelle Differenzen aufdecken, die möglicherweise ursächlich zu Lernleistungsunterschieden beitragen. Blickverhaltensanalysen geben hier nähere Auskunft.

Der Prozeß der visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitung ist immer durch eine Auswahl bestimmter Elemente der Reizstruktur gekennzeichnet. Ein physiologisches Korrelat dieser Selektivität ist die inhomogene Struktur der Netzhaut, die eine intensivere Verarbeitung foveal abgebildeter Information im Vergleich zu peripher abgebildeter ermöglicht. Die Fovea Centralis ist derjenige Bereich der Netzhaut, an dem die besten Möglichkeiten zur Detail-Erkennung visueller Muster gegeben sind ("Ort schärfsten Sehens"). Ihr Durchmesser wird im allgemeinen mit 2^{o} angegeben; bereits 1^{o} neben der Fovea beträgt die relative Sehschärfe nur noch 60 %, und 20^{o} von der Fovea entfernt nur noch 10 % der fovealen Sehschärfe (MÖCKEL/HEENSOTH/HOTZ 1984, S. 283). Außerdem steht im Vergleich zu anderen Teilen der Netzhaut für die Verarbeitung fovealer Information eine erheblich größere Anzahl neuronaler Einheiten der Sehrinde zur Verfügung. Da einerseits für die hier diskutierten Aufgabenklassen die präzise und eindeutige Detail-Erkennung (Bildunterschiede; Buchstabenidentifikation; etc.) im Vordergrund steht, da andererseits während der Ausführung von Augenbewegungen (Sakkaden) der visuelle Apparat in dieser Hinsicht faktisch "blind" ist, und da drittens bei statischen Präsentationsbedingungen und fixierter Kopfhaltung die informativen Details der visuellen Instruktion mit den Augen jeweils exakt angesteuert werden müssen, um sie in dem relativ engen Bereich fovealen Sehens abbilden zu können, sind die entscheidenden Analysekriterien zur Beurteilung von Strategien der visuellen Infor-

mationsaufnahme in der räumlichen und zeitlichen Verteilung (Anordnung und Reihenfolge visueller Zuwendung), sowie in der Dauer und der arealbezogenen Häufigkeit (Intensität bzw. Ausmaß visueller Zuwendung) jener Momente zu sehen, während derer die Augen stillstehen, um einzelne Vorlagendetails zu fixieren (Fixationen). Mikrosakkaden dienen lediglich zur Stabilisierung des Netzhautbildes während einer Fixation, und (langsame) Augenfolgebewegungen treten unter statischen Präsentationsbedingungen nahezu überhaupt nicht auf; diese beiden Parameter des Blickverhaltens können hier also außeracht bleiben.

Allerdings ist die Methode der Blickbewegungsregistrierung nicht problemlos, die Datenbasis ist in hohem Maße von methodologischen Vorentscheidungen abhängig, und die Interpretation der so gewonnenen Blickmuster ist keineswegs unumstritten. Die anschließende Diskussion dokumentierter habitueller Blickstrategien und der ihnen zuzurechnenden Effekte erfolgt daher zunächst unter Absehung von Einzelfragen zur Bedeutung differenzierter, unterschiedlicher Blickmuster (bzw. Blickmusterklassen) und zu methodischen Problemen ihrer Erfassung. Eine ausführliche Darstellung physiologischer und meßmethodischer Grundlagen und Probleme der Blickbewegungsregistrierung als Methode zur Untersuchung sensomotorischer Lehrmaterialien und der auf die entsprechenden Basisdaten bezogenen Interpretationsansätze findet sich bei DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER (1982 b). Diese Aspekte stehen jedoch nicht im Zentrum dieser Arbeit und sollen deshalb hier auch nicht im einzelnen vorgestellt werden. In Frage steht der Nachweis eher "globaler", verhaltensexperimentell bereits gesicherter Modalitätseffekte bei nunmehr allerdings simultaner Präsentation bimodal kodierten Instruktionsmaterials; die Blickbewegungsregistrierung dient hier lediglich zur - anders allerdings kaum zu bewerkstelligenden - Kontrolle der für das Eintreten oder Nichteintreten jener Effekte (hypothesengemäß) erforderlichen Bedingungen modalitätsspezifischer visueller Zuwendung.

Dieser Gesichtspunkt war auch maßgebend bei der Durchsicht und Zusammenstellung der im folgenden referierten experimentellen Befunde. Hierbei wird deutlich, daß Ausmaß und Reihenfolge visueller Zuwendung bei simultaner Darbietung von Bild- und Textinformation von Blickstrategien beeinflußt werden, die kulturell überformten Sehgewohnheiten entsprechend zu habituellen Blick-

mustern ausgeformt werden können. Dabei fallen neben Modalitätspräferenzen auch deutliche Plazierungseffekte ins Gewicht. Diese beiden Faktoren können sich überlagern und somit, je nach Gestaltung des Präsentationsmaterials, gegenläufige Effekte bezüglich Ausmaß und Reihenfolge visueller Zuwendung nach sich ziehen.

2.3.1. Zur habituellen Ausformung der Reihenfolge visueller Zuwendung zu Bild- und Textinformationen

Verschiedene Autoren stellen fest, daß Bilder (in der Vorlagenmitte plaziert und etwa 3/4 der Fläche einnehmend) i.d.R. frühzeitiger fixiert werden als Texte. In einer Untersuchung zum visuellen Werbekontakt blickten 85 % aller Probanden, die sowohl Bild als auch Werbeslogan beachteten (N = 223), zuerst auf das Bildelement; bezogen auf alle Vpn, die sämtliche Informationskomponenten der Anzeige (Slogan, Produktname, Beqleittext, Bild) beachteten (N = 177), betrug der Anteil der Erst-Bild-Betrachter immerhin noch 80 % (WITT 1977, S. 96; vgl. auch SCHULZ 1978, S. 39). KORB (1979, S. 420 f) führt als Ergebnis von Blickbewegungsstudien an, daß ein Betrachter sich bei Vorlage eines bebilderten Textes zunächst die Bilder anschaut, und daß der Blick dazu tendiert, nach rechts unten herauszuwandern. Texte, die über Bildern positioniert sind, werden dementsprechend später und weniger (bzw. überhaupt nicht) beachtet. Diesen Effekt hatte schon GUTMAN (1972, S. 22) seinen verhaltensexperimentellen Ergebnissen als Erklärungshypothese unterlegt: Er überprüfte den Einfluß vertikaler sowie horizontaler Text-Bild-Anordnungen und konnte zeigen, daß Texte unterhalb bzw. rechts vom Bild besser identifiziert werden als wenn sie auf der oberen bzw. der linken Vorlagenhälfte plaziert sind. Ob auch schon die Plazierung einer Informationskomponente allein, unabhängig von der verwendeten Modalität bei vertikaler Text-Bild- (bzw. Bild-Text)Anordnung die Reihenfolge visueller Zuwendung nennenswert beeinflußt, ist anhand der aus Blickbewegungsstudien vorliegenden Experimentaldaten nicht eindeutig zu entscheiden, da bei der Untersuchung derartiger Anordnungsstrukturen immer nur die Texterinnerung bzw. das Ausmaß visueller Zuwendung allein zur Textkomponente ermittelt wurden; die Bilder fungierten in der Regel nicht als unmittelbarer Träger relevanter Detailinformationen. Reihenfolgeeffekte wurden daher zumeist nicht direkt überprüft oder zumindest nicht mitgeteilt, so daß der zusätzliche, relative Einfluß der vertikalen Anordnungsstruktur (steht das Bild oben,

oder der Text) auf die Fixationsreihenfolge im Verhältnis zu der in jedem Falle gegebenen Bildpräferenz noch offenbleibt. Auch BERNHARD (1978) macht in seiner paradigmatischen Untersuchung zur Bedeutung von Plazierungseinflüssen auf Blickverhalten und Gedächtnisleistung beim visuellen Werbekontakt hierzu leider keine näheren Angaben.

Tachistoskopische Untersuchungen lassen jedoch zumindest unter unimodalen Präsentationsbedingungen erwarten, daß die Betrachtung oben beginnt und dann zunächst die linke, danach die rechte Seite und abschließend den unteren Bereich einbezieht; zumindest wurden Merkmalsänderungen geometrischer Figuren in dieser Reihenfolge erkannt (MANDES/GHENT 1963, zit. b. VERNON 1974, S. 88).

Anders dagegen bei horizontalen Anordnungsstrukturen und Ordnungsformen: Hier konnte COHEN (1976 a, S. 379; 1976 b, S. 29) für Textmaterial eine in Abhängigkeit von der kulturspezifischen Leserichtung habitualisierte Fixationsreihenfolge belegen, im deutschsprachigen Raum also von links nach rechts verlaufend. Entsprechendes berichtet auch WITT (1977, S. 97) über den Blickkontakt mit einzelnen Schriftkomponenten im Rahmen einer Werbeanzeige: unabhängig von ihrem Inhalt wurden die links angeordneten Elemente eher beachtet (70 % bis 90 % aller Fälle) als die von diesen graphisch deutlich abgesetzten, rechts angeordneten Elemente. Daß diese Link-Rechts-Habitualisierung sich nicht nur bei gegenläufigen Textanordnungen durchsetzt, sondern Betrachtungsreihenfolge und Sinnentnahme auch bei der Bildbetrachtung mit bestimmt, konnten DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/BALSCHBACH/FEHRES (1983) an horizontal angeordneten Reihenbildern für das Bewegungsneulernen nachweisen.

Die Betrachtungsreihenfolge wird also sowohl von der Informationsmodalität (Bildpräferenz) als auch von der Plazierung (je nach vertikaler bzw. horizontaler Anordnungsstruktur Präferenz der oberen bzw. der linken Vorlagenhälfte) beeinflußt. Über die Wechselwirkung dieser beiden Momente liegen jedoch keine Angaben vor: Wird z. B. ein Bild weniger oft als erstes fixiert, wenn es unten steht? Wird vielleicht die obere Vorlagenhälfte nur unter unimodalen Präsentationsbedingungen zuerst fixiert, und zieht dagegen ein Bild immer und in jeder Anordnungsstruktur als erstes den Blick auf sich?

Dieser Aspekt ist gleichwohl im Rahmen unserer Fragestellung bedeutsam, da ja bei bimodalem Präsentationsmaterial neben einem Reihenfolgeeffekt im Sinne der semantischen Diskrepanzhypothese (Wird eine der angestrebten funktionalen Diskrepanz, vgl. 2.2.3., förderliche Betrachtungsabfolge mit jeder beliebigen Anordnungsstruktur gleich gut erreicht, oder nicht?) in jedem Fall auch eine zur differenzierten Sinnentnahme ausreichende Betrachtung (Zuwendungsausmaß) jeder der beiden Instruktionskomponenten (Bild und Text) für wesentlich erachtet wird.

2.3.2. Zum Einfluß von Habituationseffekten auf das Ausmaß visueller Zuwendung zu Bild- und Textinformationen

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zum modalitätsspezifischen Zuwendungsausmaß erlauben keine klare Aussage zur Modalitätspräferenz. TVERSKY (1974) berichtet, daß Bilder etwa doppelt so häufig fixiert wurden als die jeweilige Wortbezeichnung. Allerdings war der jeweils wenig komplexe Wortstimulus auch durchweg mit weniger Fixationen aufzunehmen als der weit mehr Raum einnehmende Bildstimulus; zudem standen die Wörter immer unter den Bildern, so daß zusätzlich eine systematische Verzerrung der Ergebnisse durch einen Plazierungseffekt nicht auszuschließen ist. Überdies sind die verwendeten Bilder im Vergleich zu ihren verbalen Bezeichnungen vermutlich insgesamt als informativer anzusehen. WITT (1977, S. 91) registriert zwar durchweg mehr Fixationen auf dem Text- als auf dem Bildteil seiner Anzeige. Jedoch handelt es sich hierbei erstens um Untersuchungen flüchtigen Werbekontakts (nicht mehr als durchschnittlich 13 Fixationen) wenig involvierter Betrachter; die Intention, die präsentierte Information in differenzierte Eigenbewegungen umsetzen zu müssen, erfordert dagegen erhebliches Involvement. Zweitens war die Bildkomponente als Blickfang und als emotionaler Aufhänger zur gezielten Variation des allgemeinen Aktivierungsniveaus gedacht, nicht aber als Bedeutungsträger relevanter (Detail-)Information. Drittens stieg die Fixationshäufigkeit auf den Bildern mit deren zunehmendem Aktivierungswert deutlich an, wo hingegen die Fixationshäufigkeit auf dem Textteil konstant blieb. Mit anderen Worten, die Bildkomponente war für die Vpn von vergleichsweise geringem sachlichen Interesse und ihr globaler Inhalt mit sehr wenigen Fixationen zu erfassen. Es handelt sich hier also um

den umgekehrten Fall wie bei TVERSKY. Eine Veränderung der Aufgabenstellung, des Materials und der Präsentationsdauer könnte hier durchaus zu anderen Ergebnissen führen.

BERNHARD (1978) macht gar keine Angaben zum Ausmaß visueller Bildzuwendung. Er stellt lediglich fest, daß Texte signifikant häufiger und mehr (Gesamtfixationszeit) fixiert werden, wenn sie unterhalb statt oberhalb, bzw. rechts statt links von Bildern plaziert sind (ebenda S. 149 ff). Da er wie WITT (1977) mit kurzzeitigen festen Präsentationsintervallen arbeitet, ist auch hier insgesamt ein größeres Ausmaß visueller Zuwendung auf der Text- als auf der Bildkomponente zu vermuten, da Bilder und Texte in keinem engen inhaltlichen Zusammenhang stehen,und die Bilder für sich genommen nicht sonderlich informativ sind. BERNHARD (1978, S. 151) versteht seine Ergebnisse als Beleg für modalitätsunabhängige Plazierungseffekte, und verweist in diesem Zusammenhang auf BRANDT (1942), der bei bildlichem Material ebenfalls eine Bevorzugung im Blickverhalten für bestimmte Positionen fand. Allerdings führt BERNHARD (1978, S. 151) für sein bimodales Material als zusätzliches Erklärungsmoment den schon von GUTMAN (1972) reklamierten modalitätsspezifischen Reihenfolgeeffekt ein, demzufolge "... der Blick ... vom zuerst fixierten Bild aus auf die dem üblichen Leseverhalten entsprechenden Positionen konzentriert ist".

Zumal im Hinblick auf die im folgenden genannten, an unimodalem Präsentationsmaterial erhobenen Plazierungseffekte kann diese Interpretation nicht recht befriedigen: Bei quadrantenförmiger Anordnung ziehen Texte in den beiden oberen Quadranten jeweils signifikant mehr Fixationen auf sich als in den diagonal alternativ zugeordenten unteren Quadranten (BERNHARD 1978, S. 152 ff, S. 170). Tendenziell erfährt die gesamte obere Vorlagenhälfte eine generelle quantitative Bevorzugung gegenüber der unteren. Zu vergleichbaren Ergebnissen kam BRANDT(1941) für Bildelemente, NIEKAMP (1971), sowie HALL (1976). Auch SCHULZ (1978, S. 39) stellt fest, daß (bei einer Anzeige) oben in der Regel mehr fixiert wird als unten.

Wie ist diese generelle Prädominanz der oberen Vorlagenhälfte einerseits mit der relativen Zunahme im Ausmaß visueller Zuwendung zu Texten unterhalb bzw. rechts von Bildanteilen im Verhältnis zu den jeweiligen Alternativplazierungen bei zugleich durchweg (deutlich) geringerer Fixationshäufigkeit

auf der Bildkomponente andererseits zu vereinbaren? Mir scheint es sinnvoll, wie auch die genannten Autoren von einer Habitualisierung der visuellen Informationsaufnahme entsprechend den kulturspezifischen Schreib- und Lesegewohnheiten auszugehen. Dies führt in unserem Kulturkreis zu einer allgemeinen, auch quantitativen Bevorzugung der oberen Vorlagenhälfte, unabhängig vom dort präsentierten Inhalt, und zu der Tendenz, Vorlagen von links oben nach rechts unten visuell abzugreifen (Lesen von links nach rechts; von oben nach unten untereinander angeordnete horizontale Zeilen). Diese Plazierungseffekte erweisen sich auch gegenüber graphisch-typographischen Manipulationen als außerordentlich stabil. NIEKAMP (1971, S. 55) konnte z. B. zeigen, daß die unterschiedliche Größe der einzelnen Darbietungselemente gegenüber dem durch die Plazierung bestimmten Ausmaß visueller Zuwendung ohne nennenswerten Einfluß blieb. Wenn nun der Blick zusätzlich durch die Bildkomponente frühzeitig gebunden wird, diese sich aber nicht als bedeutungsvoll oder informativ erweist, bewirkt die sowohl funktionell (Aufmerksamkeit) als auch strukturell (anatomisch-physiologisch) bedingte vertikale Asymmetrie der Wahrnehmung bei visuellen Suchvorgängen (vgl. PRINZ 1983, S. 89, S. 91, S. 99 ff) in jedem Fall eine Orientierung auf den Bereich unterhalb des Bildes[)]. Bei mehrfachem Abgreifen der Vorlage bleibt der Blick immer wieder zunächst am Bild "hängen", so daß Texte oberhalb der Bildkomponente nicht adäquat in den visuellen Suchprozeß einbezogen werden. Ist die Bildkomponente (anders als in den in diesem Abschnitt referierten Untersuchungen) selber jedoch informativ und hinreichend komplex, so kann man nicht ohne weiteres erwarten, daß der Blick so rasch nach unten ausweicht (vgl. auch die diesbezüglichen Ergebnisse von TVERSKY 1974). Bei fest begrenzter Betrachtungszeit sollte dann generell, unabhängig von der Informationsmodalität (also auch bei Plazierung der Bildkomponente oben), die obere Vorlagenhälfte tendenziell häufiger fixiert werden als die untere, und dieser die obere Vorlagenhälfte begünstigende Plazierungseffekt sollte durch

---

[)] Eine entsprechende horizontale Asymmetrie der Wahrnehmung - relevante Information aus dem insgesamt infrage kommenden Fixations-"Bereich" wird je nach Kulturkreis entweder rechts oder links vom Fixationspunkt aufgenommen - ist in Lesestudien verschiedentlich nachgewiesen worden (vgl. RAYNER/WELL/POLLATSEK 1980; POLLATSEK/BOLOZKY/WELL/RAYNER 1981). SCHULZ' (1978, S. 39) Feststellung, daß Werbeanzeigen im deutschsprachigen Raum nicht nur oben mehr fixiert werden, sondern daß der Blick auch unten links am wenigsten "hängen"bleibt, wäre ebenfalls hier einzuordnen.

den modalitätsspezifischen Reihenfolgeeffekt (Bildpräferenz) unterstützt (Bild oben) bzw. gemindert (Bild unten) werden.

Ob darüber hinaus bei hinreichend komplexem, informativem Bildmaterial, das zudem in enger inhaltlicher Beziehung zur Textkomponente steht, auch ein modalitätsspezifischer Effekt in bezug auf das Ausmaß visueller Zuwendung in Betracht zu ziehen ist, kann anhand der vorliegenden Daten nicht entschieden werden. Hierzu müßte nicht nur entsprechendes Material zur Anwendung kommen, sondern die Präsentationszeiten müßten auch insoweit verlängert werden, daß eine vollständige Betrachtung beider informationeller Komponenten bequem zu bewerkstelligen wäre, und eine Zentrierung der Aufmerksamkeit auf eine der beiden Komponenten nicht zwingend mit einem weitgehenden Ignorieren der anderen Komponente erkauft werden muß.)

Das Ausmaß visueller Zuwendung erscheint im wesentlichen abhängig von der Plazierung (Präferenz der oberen Vorlagenhälfte). Ob darüber hinaus ein Einfluß der Informationsmodalität in Rechnung zu stellen ist, kann anhand der vorliegenden Befunde nicht entschieden werden; das von WITT berichtete und bei BERNHARD implizierte Ergebnis einer generellen Textpräferenz ist aus Plausibilitätsgründen (geringer Informationsgehalt des Bildes; geringer Assoziationsgrad von Bild- und Textkomponenten; deutlicher Anstieg der Bildzuwendung mit steigendem Aktivierungsniveau; etc.) mit erheblichen Vorbehalten zu betrachten.

Zugleich bleibt offen, in welchem quantitativen Verhältnis das Zuwendungsausmaß zur Bildkomponente und das Zuwendungsausmaß zur Textkomponente, etwa in Abhängigkeit der Plazierung, zueinander stehen: Ändert sich also etwa für ein Bild das Zuwendungsausmaß mit seiner Plazierung über oder unter dem zugehörigen Text? Erfährt vielleicht generell das Bild, oder aber der Text die größere visuelle Zuwendung, und wird dieser Modalitätsunterschied durch die Plazierung modifiziert? In welchem Verhältnis bzw. Ausmaß verschiebt sich unter Umständen die visuelle Zuwendung zu Bild und Text mit einem Wechsel in der Plazierung?

)Dies würde zwangsläufig eine Interferenz von Reihenfolgeeffekten in bezug auf das Zuwendungsausmaß bedeuten!

Diese Sachverhalte bedürfen nun allerdings einer weiteren Aufklärung, denn neben der Betrachtungsreihenfolge erscheint für ein Wirksamwerden der in 2.2.2. und 2.2.3. skizzierten modalitätsspezifischen Interaktionseffekte bei der Verarbeitung und Speicherung lernrelevanter Informationen in jedem Falle eine ausreichend differenzierte Betrachtung von Text und Bild unumgänglich (vgl. auch die Ausführungen im folgenden Abschnitt).

Offen bleibt weiterhin, ob und inwieweit das Ausmaß visueller Zuwendung letztlich an die habituelle Betrachtungsreihenfolge gebunden ist. Werden einerseits in den referierten Untersuchungen an bimodale Präsentationsformen gekoppelte Reihenfolgeeffekte (neben der Plazierung) geradezu als Mittel zur Beeinflussung des Ausmaßes visueller Zuwendung zu bestimmten Vorlagenkomponenten eingesetzt, so könnten sich andererseits bei inhaltlich gleichwertigen Bildern und Texten und hinreichend langer Betrachtungszeit die Betrachtungsreihenfolge (Was wird zuerst betrachtet?) und das Ausmaß visueller Zuwendung (Was wird häufiger fixiert bzw. länger betrachtet?) durchaus als unabhängig voneinander erweisen: Die bekannten Reihenfolgeeffekte entfielen dann als wirksames Steuerungsmittel des Zuwendungsausmaßes; aber auch in bezug auf ihre mögliche Bedeutung für die Lern- und Behaltensleistung müßten diese beiden Aspekte visueller Informationsaufnahme bei kombiniertem Bild-Text-Material (unter Berücksichtigung der in 2.2. gemachten Ausführungen) unabhängig voneinander betrachtet werden.

2.3.3. Die Ausnutzung habitueller Blickstrategien zur Steigerung der Gedächtnisleistung bei der Verarbeitung von Bild- und Textinformationen

Der zuletzt angeschnittene Aspekt führt in der Tat auf die Frage zurück, wodurch und in welcher Hinsicht die hier diskutierten habituellen Blickstrategien zur Effektivierung sensomotorischer Konzeptualisierungsvorgänge auf der Grundlage statischer Informationsdarbietung beitragen können.

Ausgangspunkt war erstens die Überlegung, bei simultaner bimodaler Präsentation von Lehrinformation zunächst einmal generell die Betrachtung beider Modalitätskomponenten durch ein geeignetes Arrangement sicherzustellen

(Ausnutzung nominaler Diskrepanz; vgl. 2.2.2.) und dies auch zu kontrollieren. Sodann sollte zweitens durch eine geeignete Betrachtungsreihenfolge beider Modalitätskomponenten auch die volle Ausnutzung des in ihrer nominalen Diskrepanz beschlossenen, lern- und behaltensfördernden Potentials gesichert werden (Ausnutzung funktionaler Diskrepanz; vgl. 2.2.3.); auch hierfür mußte die Möglichkeit einer wirksamen und nachprüfbaren Steuerung der Informationsaufnahme durch das Präsentationsmaterial gefunden werden. Drittens lassen schließlich die zur Gedächtnisstruktur gemachten Annahmen, die Anforderungen der Aufgabenstruktur und die Überlegungen zur semantischen Diskrepanzhypothese erwarten, daß positive modalitätsspezifische Interaktionseffekte einer hinreichend elaborierten Verarbeitung jeder der beiden Modalitätskomponenten bedürfen; ist hiermit auch ein über einen flüchtigen Blickkontakt hinausgehendes Ausmaß visueller Zuwendung zu jeder Modalitätskomponente nahegelegt, so gibt es jedoch keinerlei konkrete Anhaltspunkte bezüglich der notwendigen absoluten und relationalen Ausprägung dieses Aspekts.

Die oben (2.3.1. und 2.3.2.) diskutierten Befunde zur Induzierung habitueller Blickstrategien bieten für die beiden erstgenannten Problempunkte (d. h. Gewährleistung sowohl bimodaler Betrachtung als auch einer funktionalen Betrachtungsabfolge) einen vielversprechenden Ansatz: Durch gezielte Vorlagenstrukturierung läßt sich offensichtlich die visuelle Informationsaufnahme steuern. Dies geschieht durch die Ausnutzung und gezielte Kombination von Modalitäts- und Plazierungseffekten. Die vorliegenden Befunde sind jedoch insgesamt noch zu lückenhaft und bedürfen einer der Fragestellung meiner Untersuchung angepaßten experimentellen Überprüfung und Spezifizierung, denn mit einer Ausnahme stellen die hier vorgestellten Blickbewegungsstudien keinerlei Beziehung zur inhaltlichen Text-Bild-Interdependenz her und stellen auf entsprechende Reihenfolgeeffekte als direktes Mittel zur Behaltenseffektivierung überhaupt nicht ab. Lediglich TRÄNKLE/MÜLLER (1984) konnten unter der Bedingung geringer Vorerfahrung ihrer Probanden durch geeignete Plazierungsstrategien tendenziell semantische Interaktionseffekte von Text und Bild zur Steigerung der Behaltensleistung utilisieren; am effektivsten erwies sich eine Links-Rechts-Anordnung hinreichend differenzierter Bilder gegenüber der Verwendung anderer Anordnungsstrukturen und detailärmeren Bildmaterials. Allerdings waren die Ergebnisse an keiner Stelle signifikant und sind daher nur unter Vorbehalt

zu verallgemeinern.

Ansonsten wurde bei Text-Bild-Kombinationen zumeist versucht, mit der Verbindung modalitäts- und plazierungsbedingter Reihenfolgeeffekte das Zuwendungsausmaß zu bestimmten Vorlagenaspekten zu beeinflussen. Die solcherart induzierten unterschiedlichen Blickmuster korrespondieren zumeist hypothesenkonform unterschiedlichen Niveaus in der materialbezogenen Erinnerungs- bzw. Lernleistung (vgl. exemplarisch BERNHARD 1978, S. 135); auch WITT (1977, S. 123, S. 125, S. 127) konnte zeigen, daß mit der modalitätsspezifischen Fixationshäufigkeit die Erinngerungsleistung sowohl für die Bild-, als auch für die Textkomponenten von Werbeanzeigen signifikant anstieg.

Diese Effekte werden gemeinhin der Wechselwirkung von subjektiver Wichtigkeit und Aktivierungswert (emotionale Stimulierung) einzelner Vorlagenkomponenten, von Primacy- bzw. Recency-Effekten, und vom Ausmaß visueller Zuwendung (Fixationshäufigkeit bzw. aufsummierte Dauer aller Einzelfixationen) zu verschiedenen Vorlagenbereichen zugeschrieben:

- Mit der relativen Wichtigkeit einzelner Vorlagenelemente wird deren unterschiedliche Verarbeitung bei gleicher Fixationshäufigkeit erhöht (LOFTUS 1976, S. 503). Der Organismus sucht entsprechend seiner (kognitiven) Vorerwartungs-Hypothesen nach Schlüsselinformationen, die ihm die Feststellung von Äquivalenzfunktionen und die abgrenzende Klassifizierung von Konzepten ermöglichen; als unwichtig eingestufte Merkmale bzw. Elemente werden spätestens im Kurzzeitspeicher ausgefiltert und nicht weiterverarbeitet (BEHRENS 1976, S. 31). BARG (1977, S. 138) nimmt an, daß im Zuge einer solchen Vorauswahl "unwichtige" Informationen durch retikuläre Prozesse bereits in den afferenten Bahnen unterdrückt werden ("gating") und somit, wenn überhaupt, nur noch begrenzt kortikal weiterverarbeitet werden können. So kann ein geringer Anstieg der Fixationshäufigkeit auf subjektiv "wichtigen" Vorlagenkomponenten einen hohen Behaltenseffekt zeitigen, ein hoher Anstieg der visuellen Zuwendung zu "unwichtigen" Merkmalen dagegen fällt u. U. kaum ins Gewicht (BERNHARD 1978, S. 135, S. 137 ff).
- WITT (1977, S. 136) konnte unter Rekurs auf vorliegende Theorien zum allgemeinen (unspezifischen) organismischen Aktivierungsniveau zeigen, daß, unabhängig von der Plazierung, ein visuelles Element "umso effektiver aufgenommen und verarbeitet wird, je stärker es emotional anregt" bzw. umso mehr es aufgrund von Vorerfahrungen subjektiv stärker emotional besetzt

ist. Hierbei darf jedoch ein Aktivierungsoptimum nicht überschritten werden, da dann im Zuge der weiteren Informationsverarbeitung partiell interne Vergessensanweisungen selektiv wirksam werden können (ebenda S. 105, S. 109).

- Weiterhin werden seriell betrachtete Merkmale komplexen, strukturierten Reizmaterials unabhängig von der Fixationshäufigkeit noch über Zeiträume hinweg, die die Verarbeitungsspanne des Kurzzeitgedächtnisses deutlich überschreiten, dann besser erinnert, wenn sie zu einem frühen, als wenn sie zu einem mittleren oder späten Zeitpunkt innerhalb der Fixationsabfolge fixiert wurden (BERHARD 1978, S. 144 ff; vgl. auch LOFTUS/LOFTUS 1976, S. 35, sowie TRIANDIS 1975, S. 224). BEHRENS (1976, S. 122) begründet diesen sog. Primacy-Effekt mit der begrenzten Kapazität des Kurzzeitspeichers, wonach die Anfangsglieder einer Folge in Serie eingelesener Informationseinheiten (begrenzte Zuflußgeschwindigkeit pro Zeiteinheit!) sehr schnell und von Interferenzwirkungen anderer im KZS präsent gehaltener Informationen noch kaum beeinflußt, in das Langzeitgedächtnis übertragen werden können[)].

- Angesichts dieser, dem Blickverhalten selbst, zumal in seiner quantitativen Ausprägung, nicht unmittelbar zuzuschreibenden Einflußfaktoren auf die Gedächtnisleistung ist die allgemein berichtete geringe Beziehungsstärke zwischen dem Ausmaß visueller Zuwendung (i.d.R. gefaßt als Fixationshäufigkeit) und der Gedächtnisleistung nicht verwunderlich; die berichteten Korrelationskoeffizienten betragen bei TVERSKY (1974; Wortmaterial aus Bild-Text-Kombinationen) .06 bzw. .13, bei LOFTUS(1972; bildliches Reizmaterial) .30 bzw. .40, bei WITT (1977; Textmaterial aus bebilderten Werbespots) .30, bei BERNHARD (1978; Textmaterial aus Werbespots) um .07 bzw. um .34, wobei Recall- gegenüber Recognition-Leistungen, und Detail- gegenüber Gesamterinnerung die jeweils höheren Korrelationswerte erbringen. Dennoch erscheinen Werte dieser Größenordnung hinreichend, um die Verteilung visueller Zuwendung als praktisch relevanten

---

[)] Es sei betont, daß dieser Serieneffekt (BERNHARD 1978 spricht hier von "Reihenfolge") in Begründung und Wirkung etwas völlig anderes darstellt als der in 2.2.3. mit Bezug auf die verschiedenen semantischen Eigenschaften unterschiedlicher Informationsmodalitäten und die Struktur des semantischen Gedächtnisses spezifizierte "Reihenfolgeeffekt"; die in 2.3.1. und 2.3.2. angestellten Überlegungen zielen auf den letzteren Sachverhalt ab.

Prädiktor z. B. für die Wirksamkeit von Werbeanzeigen zu betrachten (vgl. KROEBER-RIEL, 1977, S. 59; 1980), und die konkrete Gestaltung der schließlich geschalteten Anzeigen anhand der Ergebnisse von Blickverhaltensanalysen vorzunehmen.

Als theoretische Erklärung sowohl für den positiven Zusammenhang von Fixationshäufigkeit und Erinnerungsleistung als auch für die Interferenz der übrigen vorgenannten Faktoren wird zumeist die mit der Funktionsweise des Kurzzeitspeichers verbundene "Rehearsal-Hypothese" herangezogen.

2.3.4. Zur Bedeutung des Blickverhaltens als Prädiktor der Gedächtnisleistung bei der Verarbeitung von Bild- und Text-Informationen

In den folgenden Abschnitten (2.3.4.1., 2.3.4.2. und 2.3.4.3.) soll untersucht werden, ob die zur Erklärung dieser Beziehung von Blickverhalten und Behaltensleistung herangezogenen theoretischen Ansätze auch im Hinblick auf die Problematik der Text-Bild-Integration bei komplexen, handlungsorientierten Lernaufgaben sich als hinreichend tragfähiges Konstrukt erweisen. Davon wird abhängen, ob den in 2.3.1. und 2.3.2. dargestellten Habitualisierungen der visuellen Informationsaufnahme (neben den Effekten semantischer Modalitäts-Interaktion) ein eigenständiger, lerntechnologisch relevanter Einfluß auf den visuomotorischen Informationsumsatz zuzubilligen ist. Dies ließe eine differenziertere Analyse von Blickverhaltenseffekten angeraten erscheinen.

2.3.4.1. Das Kurzzeitgedächtnis als modalitätsunabhängige Einflußgröße auf die Beziehung von Blickverhalten und Gedächtnisleistung: Überlegungen zur Konstruktvalidität

Die im engeren Sinne das Blickverhalten konstituierenden und steuernden gedächtnispsychologischen Einflußgrößen lassen sich zum Teil modellhaft in der Wechselwirkung der Funktionsweise des Kurzzeitgedächtnisses einerseits und der visuellen Informationsaufnahme andererseits beschreiben.

Insoweit das Blickverhalten an den grundlegenden, eher physiologisch bestimmten Mechanismen der visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitung selbst festgemacht ist, ist es als ein zusätzlicher, und von den Vorgängen der Ausbildung einer semantischen Gedächtnisstruktur sowie den damit zusammenhängenden Modalitätseinflüssen zunächst unabhängiger Faktor zu betrachten. Überlagern sich diese beiden Komponenten (Blickverhalten und semantische Modalitätseffekte) einerseits, so kennzeichnet der Zusammenhang von Blickverhalten und Gedächtnisfunktionen andererseits doch unmittelbar mediengestalterische Analyse- und Eingriffsmöglichkeiten. Merkmale des Blickverhaltens sind also nicht nur im Hinblick auf die oben dargestellten modalitätsspezifischen Reihenfolgeeffekte, sondern auch hinsichtlich ihrer unmittelbaren funktionellen Relevanz für die Gedächtnisleistung zu diskutieren.

Information wird u. a. aus dem visuellen sensorischen Speicher (sensorisches Gedächtnis; R. F. SCHMIDT 1980, S. 182), dessen Inhalt in sehr engem Zusammenhang mit den Augenbewegungen steht (HABER/HERSHENSON 1973, S. 163), in diskreten Schüben[)] in den als Arbeitsspeicher fungierenden Kurzzeitspeicher (KZS, auch "Primäres Gedächtnis"; R. F. SCHMIDT 1980, S. 182) "eingelesen"; dessen Funktion besteht in der Identifikation und Integration der aufgenommenen Reize, wobei Selektions- und Umorganisationsprozesse der den Reizabläufen unterliegenden Bedeutungen auf der Grundlage von Erfahrung und Wissen eine wesentliche Rolle spielen (dies ist mit ein Grund für die in der geringen Zusammenhangsstärke sich ausdrückende hohe interindividuelle Variabilität des Blickverhaltens und seiner Wirkung).

[)] Es sei hier auf die von GAARDER (1975) entwickelte, richtungsweisende Modellkonzeption zum Zusammenspiel von Informationsaufnahme und Funktionsweise des Kurzzeitgedächtnisses (ebenda, S. 97 ff) hingewiesen. Sie unterstreicht die Diskontinuität visueller Wahrnehmung ebenso wie die dieser direkt korrespondierende, sequentielle Weiterverarbeitung der aperzipierten Information in Form von Bedeutungseinheiten, die keineswegs mehr eine eins-zu-eins Transformation der visuellen Welt darstellen. Eine direkte Beziehung zwischen Augenbewegungs-Einheiten und evozierten Potenzialen zur weiteren Informationsverarbeitung wird aufgezeigt. Die segmentierende Funktion visueller Wahrnehmung wird komplementär zu den der zerebralen Informationsverarbeitung unterliegenden Prozessen und Rhythmen gesehen. Zur diskontinuierlichen Informationsaufnahme durch Fixationen vgl. auch ebenda S. 63 und S. 75.

Die Kapazität des KZS ist einerseits begrenzt hinsichtlich der Anzahl diskreter, dem Bewußtsein aktuell und zu gleicher Zeit verfügbarer Bedeutungs- bzw. Informationseinheiten ("chunks"[)]); dies sind nur etwa sieben (MILLER 1956; FRANK 1969; GEUSS 1979, S. 13; zur Konzeption des KZS vgl. ATKINSON/SHIFFRIN 1968, 1971). Der Umfang dieser kognitiven Einheiten ist von individuellen Bedingungen abhängig (Bekanntheitsgrad des Materials, Erfahrung, Wissen, Wortschatz, semantische Verarbeitungstiefe; vgl. RUCH/ZIMBARDO 1974, S. 200; BERNHARD 1978, S. 51, S. 60 ff), und kann durch geeignete Reduktion und Strukturierung des Informationsangebots erheblich erweitert werden; da jedoch die Anzahl von Speicherplätzen im KZS ("slots") offensichtlich unbeeinflußt davon bleibt, wie umfangreich die einzelnen, ihnen zugewiesenen informationellen Einheiten sind, kann durch geeignete "chunking"-Prozesse die maximale KZS-Kapazität von etwa 160 (durchschnittlich etwa 100) einzelnen Binäreinheiten (bit) weit überschritten werden: So muß im Extremfall z. B. jeder Buchstabe eines Wortes als eine Informationseinheit aufgenommen werden. Mit fortschreitendem Bekanntheitsgrad vergrößert sich der Umfang einer solchen Einheit auf bis zu 30 Buchstaben (NEISSER 1974, S. 139). Stellenweise wird somit die zweite Zeilenhälfte gar nicht mehr fixiert, der Inhalt dennoch wahrgenommen (vgl. WINTERHOFF 1980, S. 265) bzw. assoziativ ergänzt. Gleiches gilt auch für das "Lesen" ikonographischer, nach festen Regeln erfolgter Symbolisierungen von Sachverhalten.

Bei unterschiedlichem Bekanntheitsgrad des Präsentationsmaterials ist die Fixationshäufigkeit also kein verläßlicher Prädiktor der Behaltens- bzw. Erinnerungsleistung mehr. Zugleich wird aber auch deutlich, daß auch aus der Sicht der Funktionsweise des KZS bei der Präsentation inhaltlich eng aufeinander bezogener Bild-Text-Kombinationen (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen semantischen Eigenschaften von Bildern und Texten und der entsprechenden modalitätsspezifischen Enkodierungsprozesse, vgl. 2.2.1.)

[)] ...Exactly what a "chunk" is, alas, is somewhat ill defined... For example, a digit, such as a "5" is a chunk. So is a letter, such as "G" or a word, such as "clown" (LOFTUS/LOFTUS 1976, S. 45). Und für Bilder: "The basis unit of meaningful visual image information... is the image chunk... An image chunk represents a visual concept" (FARLEY 1976, S. 479).

u. U. mit weitaus weniger Fixationen eine raschere und vollständigere[)] chunk-Bildung (semantische Superierungsprozesse!) einhergehen kann, als bei der Präsentation pragmatisch äquivalenter Bild- oder Textinformationen für sich alleine.

Das Ausmaß visueller Zuwendung ist also auch in diesem Fall kein unmittelbarer und verläßlicher Indikator für Vorgänge der Bedeutungsextraktion, die Tiefe der Verarbeitung, oder die pragmatische Wichtigkeit einer Information, und Verteilung sowie Ausmaß visueller Zuwendung zu bestimmten Komponenten des Präsentationsmaterials werden unter dem Gesichtspunkt der Bedeutungsextraktion unter diesen Umständen also viel eher durch interne, kognitive Prozesse und die individualspezifischen Ausprägungen der Struktur des semantischen Gedächtnisses beeinflußt, als durch habitualisierte Blickstrategien und durch Modalitäts- und Plazierungseffekte. Gerichtete Voraussagen erscheinen aufgrund der zu veranschlagenden hohen interindividuellen Variabilität kognitiver Strukturen ohne genauere Kenntnis relevanter personspezifischer Faktoren kaum möglich. Daß diese Ein-

---

[)] Möglicherweise ist eine solche "bimodal" basierte chunk-Bildung trotz geringerer Fixationshäufigkeit dennoch auch genauer als eine unimodal basierte; vgl. RUCH/ZIMBARDO (1974, S. 201), die zeigen konnten, daß bei der Bildung größerer Bedeutungseinheiten die Präzision der genauen Wiedergabe (konkreter Wortlaut bei Texten) verloren geht (Generalisierung). Ein Befund von WITT (1977, S. 123, S. 125 ff) stützt diese Einschätzung: Ganz in Übereinstimmung zu der Art und Weise, in der sich die semantischen Enkodierungsprozesse von Bildern und Texten unterscheiden (vgl. 2.2.1.), konnte er zeigen, daß bei textlichem Material zwar "jede zusätzliche Fixation zu einer verbesserten gedächtnismäßigen Verankerung beiträgt, ... es jedoch einer gewissen Mindestanzahl von Fixationen bedarf , um das Material so zu speichern und zu organisieren, daß es für die Wiedergabe verfügbar ist. Ist diese Schwelle nicht erreicht, sind praktisch keine Erinnerungsreaktionen zu erwarten ...". Im Unterschied dazu zeigt sich bei Bildern von Anfang an "in Abhängigkeit von der Fixationshäufigkeit ein monotoner Anstieg der Erinnerungswahrscheinlichkeit". Diese Befunde reflektieren die direkte, merkmalsbezogene bottom-up-Enkodierung bei Bildern sowie die erst im Anschluß an die vollständige Identifizierung des lexikalischen Wortkodes und die Auffindung des zugehörigen Begriffsknotens im semantischen Gedächtnis erfolgende Wortenkodierung. Leider hat WITT die Konsequenzen dieser auch im Blickverhalten sich niederschlagenden unterschiedlichen Verarbeitungsprozesse für inhaltlich aufeinander bezogenes, gemeinsam zu erinnerndes Bild-Text-Material nicht untersucht, so daß über die Beziehung von kumulierter Fixationshäufigkeit auf Bild- und Textanteilen und der Erinnerungsleistung in diesem Fall keine Abschätzung möglich ist.

schätzung insgesamt zutrifft, wird im übrigen aus einem Teilergebnis bei BERNHARD (1978, S. 155, S. 157) und der dort gegebenen Begründung deutlich: Entgegen der ansonsten bei BERNHARD bestätigten Hypothese über den Zusammenhang von Plazierung, Fixationshäufigkeit und Texterinnerung bei Bild und Text kombinierenden Werbeanzeigen wurde in einem Fall unabhängig von der Plazierung und bei deutlich niedrigerer Fixationshäufigkeit als in der Parallelversion eine gute (Text-)Erinnerungsleistung erzielt; hier war aber, abweichend von den übrigen Anzeigen, sowohl ein durch den Text, als auch ein durch das Bildelement visualisierter Produktbezug gegeben. Durch diese teilweise inhaltliche Verknüpfung konnten Assoziationen aufgebaut und im Recall-Test leistungsfördernd abgerufen werden. Die Beziehung zur semantischen Diskrepanzhypothese ist unübersehbar, die Relevanz des Zuwendungsausmaßes für die Lern- und Behaltensleistung bei inhaltlich aufeinander bezogenen Text-Bild-Kombinationen ist hiernach zumindest deutlich zu problematisieren.

Die Kapazität des KZS ist jedoch andererseits auch eingeschränkt durch eine begrenzte Speicherdauer (Gegenwartsdauer; Präsenzzeit) von ca. 10 sec. (FRANK 1969; LEHRL/ERZIGKEIT/GALSTER 1977). Sie läßt sich jedoch durch Rehearsal erheblich verlängern. Gleichzeitig erhöht sich dabei die Wahrscheinlichkeit der Informationsübertragung in das Langzeitgedächtnis (ATKINSON/SHIFFRIN 1968; LINDSAY/NORMAN 1972, S. 340 ff; BEHRENS 1976, S. 33 ff; WITT 1977, S. 49; R. F. SCHMIDT 1980, S. 181 ff). Hierbei können einerseits interne Memorationstechniken herangezogen werden; Verbalisation, zumindest aber eine rudimentäre artikulatorische Kodierung spielt dabei eine wesentliche Rolle. Bestimmte Wahrnehmungsgegenstände können andererseits aber auch durch visuelles Rehearsal, also durch wiederholtes Fixieren, präsent gehalten und so einer weiteren Verarbeitung zugänglich gemacht werden: "Thus, a fixation upon a word can be considered as a rehearsal of that word" (BELLEZZA/GEISELMAN/ARONOVSKY 1975, S. 678). Sowohl verbale (vgl. exemplarisch RUNDUS 1971) als auch visuelle Rehearsal-Prozesse (vgl. exemplarisch LOFTUS 1972 bezüglich bildlichen und TVERSKY 1974 bezüglich textlichen Präsentationsmaterials) können empirisch gesichert als valide Prädiktoren der Erinnerungsleistung angesehen werden.

Allerdings ist die Fixationshäufigkeit nur Indikator für das maintenance rehearsal im KZS, und damit zwar notwendige, nicht aber hinreichende Voraussetzung für eine Übernahme der Information in das Langzeitgedächtnis

(elaborative rehearsal; vgl. hierzu auch BJORK's Unterscheidung von "primary" und "secondary rehearsal" im KZS, 1975, S. 163). Dieser Umstand, der Einfluß der bereits genannten "nicht-visuellen" Faktoren bei der chunk-Bildung (vgl. hierzu auch 2.3.3.), sowie die Tatsache, daß die Erinnerungsfunktion visuellen Rehearsals durchgängig nur an vergleichsweise einfachem Stimulusmaterial bei zumeist kurzen Präsentationszeiten (ca. 0,5 - 5 sec.) nachgewiesen wurde (auch die erwähnten werbepsychologischen Studien gestatten den Vpn bei schon etwas komplexerem Anzeigenmaterial nicht mehr als 20 Fixationen!), lassen die Prädiktorfunktion der Fixationshäufigkeit bei komplexem, bedeutungshaltigem Informationsmaterial unter Präsentationsbedingungen, die eine hinreichende Bedeutungsentnahme nicht von vornherein deprivieren (angemessene Dauer!), doch mit großen Vorbehalten betrachten (vgl. auch 2.3.4.3.).

Ganz wesentlich für die Einschätzung des Merkmals "Ausmaß visueller Zuwendung" als Kriterium, das es durch geeignete medientechnologische Maßnahmen unter Ausnutzung von Modalitäts- und Plazierungseffekten anzusteuern gilt, um die Lern- und Behaltensleistung relevanter Informationskomponenten zu erhöhen, ist folgende Überlegung: In allen referierten Arbeiten wurde das Verhältnis von Fixationshäufigkeit und Erinnerungsleistung immer bezogen entweder auf einzelne Komponenten komplexerer Vorlagen (d. h., wurden diese öfter fixiert und besser erinnert, wurde der Rest seltener fixiert und schlechter erinnert), oder auf Präsentationen mit offener Darbietungsdauer (d. h., wurde insgesamt länger betrachtet und damit auch öfter fixiert, so wurde auch besser erinnert). Die dem Stimulusmaterial entsprechend der experimentellen Aufgabenstellung zu entnehmende Information war i.d.R. von eher geringer Komplexität, und Text- und Bildkomponenten waren zudem, wenn überhaupt, so zumeist nur grob assoziativ aufeinander zu beziehen (z. B. Werbeanzeige). Nicht untersucht wurde bisher die Veränderung der teilkomponentenspezifischen Fixationshäufigkeit bei simultanen Mischdarbietungen von Bild- und Textinformationen in ihrer Bedeutung für die Gesamterinnerungsleistung, die an eine integrierte Betrachtung von Bild und Text gebunden ist, und die im Rahmen meiner Fragestelllung über das bloße Wiedererkennen hinaus ja eine erhebliche konstruktive Leistung (Umsetzung von symbolisch kodierter Information in koordinierte sensomotorische Aktion) beinhaltet. Ob in dieser Hinsicht eine auf Teilaspekte des Informationsmaterials (also Bild oder Text)

bezogene, einfache visuelle Rehearsal-Hypothese[)] überhaupt ein sinnvolles Konstrukt ist, muß in Anbetracht der Ausführungen zur semantischen Bild-Text-Integration bezweifelt werden.

Will man auf die Berücksichtigung des Ausmaßes visueller Zuwendung als einer den Habituationseffekten unterliegenden und daher durch die Materialgestaltung zu beeinflussende Größe im visuomotorischen Informationsumsatz dennoch nicht verzichten, muß man die Frage nach der Bedeutung von Unterschieden in der Fixationshäufigkeit wohl anders stellen:

- Erstens: Ist ein bestimmtes Ausmaß visueller Zuwendung auf der Bild-, resp. auf der Textkomponente notwendig, um die in 2.2. als behaltensfördernd erkannten modalitätsspezifischen Qualitäten interaktiv zur Geltung zu bringen?
- Zweitens: Lassen sich dabei Tendenzaussagen zur relativen Gewichtung von Bild- und Textzuwendung treffen?
- Drittens: Wird das (relative) Zuwendungsausmaß zu Bild und Text von habituellen Blickstrategien (Modalitäts- und Plazierungseffekten) überformt?
- Viertens: Läßt sich aus den Ergebnissen zum vorgenannten Punkt auf Interferenzen von (relativem) Zuwendungsausmaß und Reihenfolgeeffekten schließen (vgl. die in 2.3.2. abschließend getroffene Feststellung zur eventuellen Unabhängigkeit einer im Sinne der semantischen Diskrepanzhyptothese wirksamen Betrachtungsabfolge und der Häufigkeit, mit der Bild und Text jeweils fixiert werden)?

Die Punkte 3. und 4. werden technologisch relevant nur bei positiven und definitiven Ergebnissen zu 1. und 2.; muß darüber hinaus auch 4. bejaht werden, würden weitergehende Überlegungen zur quantitativen Abwägung von die Betrachtungsreihenfolge und das Zuwendungsausmaß affizierenden gestalterischen Maßnahmen gegeneinander notwendig werden.

[)] Wird eine Modalitätskomponente häufiger fixiert als die andere, oder fixiert ein Vp diese Komponente häufiger als eine andere Vp, so verbessert sich in jedem Fall die sensomotorische Realisierungsleistung.

Wie schon hinsichtlich der Voraussagbarkeit (vgl. 2.3.1. u. 2.3.2.) und Wirkung habituationsbedingter Reihenfolgeeffekte, so bleibt auch im Hinblick auf die Ausprägung und Behaltenswirkung des Ausmaßes visueller Zuwendung zu den verschiedenen Informationskomponenten zu klären, wie bei komplexen, inhaltlich eng aufeinander bezogenen Text- und Bildinformationen Modalitätspräferenz und Plazierungseffekte interagieren; dies gilt wiederum insbesondere für sensomotorische Lernaufgaben, die die (Re-)Produktion geschlossener Handlungsabläufe erfordern.

2.3.4.2. Zur prozeßabhängigen Modifikation der Beziehung von Blickverhalten und Gedächtnisleistung: Kognitiv integrierende Faktoren und Strategiewechsel als Reliabilitätsproblem

Die Orientierung unserer Fragestellung auf komplexe, umfassendere Lernaufgaben, deren Bewältigung i. d. R. mehr als einen einmaligen, kurzfristigen Blickkontakt mit dem Stimulusmaterial erfordert, läßt die im vorigen Abschnitt angestellten Überlegungen zur Fixationshäufigkeit (respektive zur aufsummierten Dauer der einzelnen Fixationen, der Fixationszeit) als Hinweis auf behaltensrelevante, letztlich an der Funktionsweise von KZS-Prozessen festgemachte Strategien der selektiven visuellen Informationsaufnahme als noch überaus unvollständig erscheinen:

Ein weiterer Gesichtspunkt soll daher an dieser Stelle Erwähnung finden, der zwar in den hier referierten experimentellen Untersuchungen nicht thematisiert wurde, der jedoch im Hinblick auf die Anforderung einer unterrichtstechnologisch handhabbaren Manipulation der visuellen Informationsaufnahme zur Verbesserung der Lern- und Behaltensleistung von einiger Wichtigkeit ist: Eine solche technologische Maßnahme muß konsistent in ihrer Wirkung sein, oder anders gesagt, der als Bezugsgrundlage für die blickverhaltenssteuernde Manipulation des Präsentationsmaterials fungierende, positive Zusammenhang von Fixationshäufigkeit und Behaltensleistung muß reliabel sein. Nun implizieren aber die bislang vorgestellten Hinweise zur Beziehung von Kurzzeitspeichervorgängen und Blickverhalten folgendes:

Die dem KZS zuzuordnenden Prozesse der Informationsverarbeitung sind charakterisiert durch wechselseitiges Differenzieren, Integrieren und Elaborieren von Merkmalen und Eigenschaften der dargebotenen Information. Sie folgen dabei bestimmten Strategien, deren Ziel die Bildung von Merkmals- und Eigenschaftseinheiten, sog. "chunks" ist (GEUSS 1979, S. 13, S. 15). Die Folge ist eine Erhöhung der objektiven Speicherkapazität des KZS. Nach BERNHARD (1978, S. 51) ist es die Bildung solcher Informationsverarbeitungseinheiten durch entsprechende Superierungsvorgänge, die wiederum den weiteren Erkennungsprozeß entscheidend lenkt. Soweit sich diese Vorgänge überhaupt im Blickverhalten niederschlagen (kognitive Steuerung), könnte man hiernach also annehmen, daß angesichts weitgehend unbekannten, differenziert gegliederten Materials diejenigen Probanden im Vorteil sind, die aufgrund ihrer großen KZS-Kapazität mit einer zunächst hohen "Blickdichte" (hohe Zuflußgeschwindigkeit; größere Anzahl zugleich präsenter Bedeutungseinheiten) innerhalb ihrer bewußten Verarbeitungsspanne möglichst viele Einzelmerkmale aufnehmen und zu einem bedeutungsvollen Gesamtkonzept integrieren können; Vpn mit einer niedrigen KZS-Kapazität dagegen (geringe Zuflußgeschwindigkeit; nur wenige über die gesamte Gegenwartsdauer hinweg präsent zu haltende Bedeutungseinheiten) vermögen in gleicher Zeit nicht so viele Einzeleindrücke aufzunehmen und zu größeren "chunks" zu bündeln (Superierung). Probanden mit großer KZS-Kapazität müßten demnach auch rascher als andere solche kapazitätsentlastenden Superierungen ausbilden können.

Mit zunehmender inhaltlicher und formaler Vertrautheit mit der präsentierten Information und ihrem Darbietungskontext jedoch, genügen u. U. schon wenige "Schlüsselfixationen", um bereits vorhandene Superierungen kognitiv (aus dem langfristigen semantischen Gedächtnis) als Begriff zu aktualisieren, ohne daß der KZS mit der Verarbeitung der ihnen zugehörigen visuellen Einzelmerkmale "vollgeladen" werden müßte. Im Vorteil wären nun wiederum solche Vpn, die die hierdurch frei gewordene KZS-Kapazität nutzten, durch kognitive Elaborationen die der Vorlage entnommenen bzw. assoziierten, im aktuellen Kontext besonders wesentlichen Bedeutungseinheiten integrativ weiterzuverarbeiten, und die zugleich ihren Blick auf unerwartete (und damit auch informative) Besonderheiten des Reizmaterials bzw. auf die diesen Bedeutungseinheiten zuzuordnenden visuellen Merkmale zentrieren; beides

sollte sich in einer Verlängerung der Dauer der einzelnen Fixationen und in einer relativen Abnahme der Fixationshäufigkeit gegenüber den kognitiv unflexibleren Probanden niederschlagen. Daß eine solche Einschätzung nicht völlig abwegig ist, zeigt die Feststellung von SHEBILSKE/FISHER (1983, S. 313), der zufolge "... good readers allocate additional time and resources to those processes that integrate units into a conceptual representation." SHEBILSKE/FISHER können belegen, "... that good readers slow down for (contextual; K.B.) important ideas by increasing their average fixation duration, and by increasing their regressions. It is doubtful that poor readers will employ the same flexible reading strategy" (ebenda). Auch FISHER/KARSH/BREITENBACH/BARNETTE (1983, S. 204) sehen aufgrund ihrer experimentellen Daten in der Auswahlentscheidung "weniger und längere" versus "mehr und kürzere" Fixationen einen theoretisch bedeutsamen, statistisch jedoch wenig ins Gewicht fallenden Hinweis auf kognitive Komponenten der (visuellen) Informationsverarbeitung: "That trade-off may prove to be the most essential contribution of eye movements to performance."

Es bleibt anzumerken, daß die Auswahlentscheidung für die eine oder die andere Fixationsstrategie wohl nicht an die KZS-Kapazität gekoppelt zu denken ist, daß aber eine hohe KZS-Kapazität die Entscheidungsrichtung jeweils im Hinblick auf die beiden hier unterschiedenen Anforderungssituationen (unbekanntes Material - chunk-Bildung ist vordringlich; Einpassen ausgewählter Detailinformationen in bereits etablierte kognitive Strukturen - Bedeutsamkeits-Entscheidung ist vordringlich) vermutlich begünstigt, und der blickstrategiespezifische Informationsverarbeitungsvorteil erst in Verbindung mit einer hinreichenden KZS-Kapazität voll zum Tragen kommt.

Entscheidend ist jedoch, daß die Beziehungsstärke und -richtung quantitativer Ausprägungen des Blickverhaltens zur Lern- und Behaltensleistung sehr wahrscheinlich prozessualen Veränderungen unterliegt, die der Aktivierung verschiedener, unterschiedlichen Stadien im Verlauf eines individuellen Lernprozesses jeweils funktional entsprechenden Verarbeitungsvorgänge korrespondiert. Neben den hieraus resultierenden systematischen intraindividuellen Veränderungen des Blickverhaltens im Lernprozessverlauf

sind aufgrund der beschriebenen Einflußgrößen große interindividuelle Schwankungen in der Merkmalsausprägung und hinsichtlich seiner Prädiktorfunktion zu erwarten. In jedem Fall ist von einer unreflektierten Generalisierung der u. a. von WITT und BERNHARD reklamierten positiven Korrelation von Fixationshäufigkeit und Behaltensleistung Abstand zu nehmen.

Soll das Blickverhalten auch bei Aufgabenklassen zur gehaltvollen Analyse der visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitung herangezogen werden, die wie bei der Entwicklung komplexer Bewegungsvorstellungen im Sport eine variable Prozeßcharakteristik beinhalten und sich über vergleichsweise lange Zeiträume erstrecken, und dies womöglich (unter Einschluß von Resultatrückmeldungen) in mehreren diskreten (Lern-)Schritten, wie bei der Abarbeitung eines lernkartenbasierten Lehrprogramms, so sollte man sich stärker an der richtungsweisenden Unterscheidung von LEVY-SCHOEN und O' REGAN (1979, S. 22) zwischen lokalen und globalen Komponenten orientieren: "... local measures are made over a short time span and are taken in the vicinity of particular words of text ... we expect them predominantly to reflect underlying processes that function over a short time span. ... Global measures, on the other hand, are essentially combinations of these local measures taken over a long time span... they would be expected to reflect higher level cognitive processes, relying upon information gathered over a longer period of time."

In solchen "global measures" müßte die Suche und Ausbildung von Regeln zum Ausdruck kommen, nach denen das Individuum seine chunk-Bildung organisiert. Es geht also auch hier wieder um das Auffinden und Generieren von Redundanzen in der und durch die visuelle Wahrnehmung. Kann hier zu Beginn eines Betrachtungsvorgangs oder Lernprozesses in hoher "Blickdichte" oder in visuellem "Rehearsal" zunächst noch ein generell wirkungsvoller Mechanismus zur Reduktion des formalen, figurativen Informationsgehalts gesehen werden, so wird mit dem Voranschreiten des Lernprozesses, etwa im Zuge inhaltlicher, tiefergehender sensomotorischer Konzeptualisierungen, ein regelhaftes und "vollständiges" visuelles Abgreifen des Präsentationsmaterials hinsichtlich seiner semantischen Bedeutungseinheiten wesentlich. Will man dieses im Blickverhalten wiederfinden, müßten solche Bedeutungseinheiten zunächst einmal aufgabenspezifisch definiert und präsentations-

seitig abgrenzbar sein. Für das Textlesen haben SHEBILSKE, MANDEL (1979) und CARPENTER/JUST (1977) vielversprechende Versuche zur Textstrukturierung und darauf bezogenen Applizierung solcher "global measures" vorgelegt. Für das Bewegungsneulernen stellt sich zumindest bei bildlichen Darstellungen das Problem der präsentationsseitigen Abgrenzung der Symbolisierungen jener in 2.1.2.2.1. diskutierten Basiseinheiten oder elementaren sensomotorischen Operationen voneinander (vgl. 2.1.2.2.2. zum Denotationsproblem). Fixationen, die verschiedenen Bedeutungsaspekten gelten, werden sich vielfach überlagern.

Eine Zuordnung von Fixationen zu lediglich formal definierten Teilelementen des Präsentationsmaterials (Einzelbilder eines Reihenbildes; einzelne Textzeilen) ist unter den gegebenen Umständen zwar zu bewerkstelligen (und soll auch vorgenommen werden), bietet aber für das hier diskutierte Problem keine befriedigende Lösung. Stattdessen müßte versucht werden, verschiedene (figurative) teilelementeübergreifende Areale inhaltlich zu spezifizieren und gegeneinander abzugrenzen; das Ausmaß (oder die Reihenfolge) visueller Zuwendung müßte dann jeweils für das gesamte (durchaus unterschiedliche, aber inhaltlich bzw. funktional zusammengehörige visuelle Einzelmerkmale umfassende) Areal berechnet werden; es wäre damit Indikator nicht so sehr für die Identifikation von Einzelmerkmalen, als vielmehr für deren Integration auf der Folie einer bestimmten kognitiven Bedeutungsschablone. In dieser Weise muß, zumindest rückblickend, die Vorgehensweise bei der Auswertung von Blickverhaltensdaten in einer Studie von DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/GRAF (1983, S. 4) verstanden werden. Hier ergaben sich sinnvoll zu interpretierende Ausformungen des Blickverhaltens in Abhängigkeit von Treatmentbedingungen und in Übereinstimmung mit (kognitiven) Leistungseffekten erst, nachdem die kumulative Fixationshäufigkeit auf jeweils mehreren Körper-Teilelementen aller einzelnen Bewegungspositionen zusammen (repräsentiert durch die sechs Einzelbilder eines zweizeilig angeordneten Reihenbildes von einer Kugelstoßtechnik) als Indikator für eine im Sinne der Aufgabe (Fehleridentifikation) sinnvolle Art der visuellen Informationsaufnahme herangezogen wurde. Die Betrachtung der auf die einzelnen Bewegungspositionen (Einzelbilder) gesondert entfallenden Fixationshäufigkeiten dagegen ließ keinerlei sinnvolle Unterscheidungen oder überhaupt irgendeine gehaltvolle Aussage zu. Als Körper-Teilelemente zusammengefaßt wurden dabei einerseits die Bereiche Kopf/Schulter/Arme/Kugel und Rumpf/Hüfte, sowie andererseits die Bereiche

Gleitbein/-fuß, Schwungbein/-fuß und Stoßring/-balken.

"Global measures", die in erster Linie auf das Ausmaß visueller Zuwendung abstellen, lassen sich also auch für sportspezifische Visualisationen und das darauf bezogene Blickverhalten angeben. Dies gilt aber zunächst nur für unimodale Präsentationsformen (also Bild oder Text oder Film). Werden Text und Bild jedoch kombiniert, muß mit der Möglichkeit sehr verschiedener Interaktionsformen der für die Bild- und Textverarbeitung jeweils spezifischen semantischen Enkodierungsprozesse gerechnet werden, die ihren systematischen Niederschlag ggf. eher in anderen Parametern als dem Blickverhalten (also etwa in der Entscheidungszeit, oder in der Behaltensleistung selbst) finden. So können unter bimodalen Präsentationsbedingungen aufgrund unterschiedlicher, text- und bildübergreifender chunking-Prozesse mit sehr verschiedenen Fixationshäufigkeiten durchaus die gleichen Behaltens- und Lernleistungen erbracht werden (vgl. auch 2.3.4.1.): Eine ausreichend lange Fixation eines bestimmten Wortes erübrigt so u. U. das bei einer bildorientierten Betrachtungsstrategie unumgängliche mehrfache Fixieren eines Einzelbildes. Auch findet der "kognitive" Aufwand seinen Niederschlag nicht mehr unbedingt im Blickverhalten selbst, zumindest aber nicht in immer denselben Ausprägungsformen des Blickverhaltens. Die Aufschlüsselung des Blickverhaltens nach mehr oder weniger detailbezogenen Unterschieden im Ausmaß und in der Reihenfolge visueller Zuwendung erfordert also für bimodales Präsentationsmaterial noch einige Vorarbeiten, ehe sie inhaltlich gehaltvoll in anwendungsorientierte Forschungsarbeiten einbezogen werden kann (vgl. auch 2.3.4.4.).

Auch sind denkbare Äußerungen kognitiver Verknüpfungsoperationen begrifflich gefaßter sensomotorischer Basiseinheiten im Blickverhalten bislang noch kaum thematisiert worden. Möglicherweise treten damit jedoch auch völlig andere Merkmale des Blickverhaltens in den Vordergrund (Unterbrechungsaktivitäten, z. B."Wegsehen"; Veränderung der Pupillengröße; Sakkadenrichtung; etc.).

Neben einer Reihe noch offener inhaltlicher Fragen, deren Bearbeitung ein eigenständiges Forschungsprogramm darstellt, sind es jedoch vor allem auch meßtechnische Überlegungen, die gegenüber einer differenzierten Analyse von Blickverhaltensänderungen auf Einzelelementen innerhalb unterschiedlicher modalitätsspezifischer Kodierungen bei komplexem bimodalem, statisch präsen-

tiertem Lehrmaterial Zurückhaltung gebieten, sofern diese die guten und schlechten Lerner, auch zu verschiedenen Zeitpunkten im Lernprozeßverlauf, kenntlich machen soll. Bei komplexem Präsentationsmaterial ist es unter den anlagenüblichen Meßbedingungen und Abmessungsgrenzen des Präsentationsmaterials und in Anbetracht der je nach Betrachtungsabstand mehrere Centimeter durchmessenden Bereiche scharfen Sehens ("Fixationsbereich") i.d.R. nicht mehr möglich, Fixationen und Vorlagendetails hinreichend genau einander zuzuordnen; dies wird besonders dann problematisch, wenn die Betrachtungszeit mehrere Sekunden beträgt und damit die Fixationshäufigkeit, aber auch die Überlagerungsrate, entsprechend hoch ist (zum Problem der räumlichen Dimension von Fixationen vgl. im einzelnen DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 25 ff).

Es scheint also im Rahmen meiner Fragestellung angebracht, das Augenmerk zunächst nicht so sehr auf prozessuale Veränderungen des Blickverhaltens in informationell besonders relevanten Detailbereichen des Präsentationsmaterials zu richten, sondern stattdessen zu untersuchen, ob die Aufgabenstruktur des sukzessiven Aufbaus eines komplexen, sensomotorisch relevanten begrifflichen Bewegungskonzepts insgesamt eine generelle verlaufsorientierte Umstrukturierung der weiterverarbeitenden kognitiven Prozesse erwarten läßt, die sich, unabhängig von der Identifizierung oder Nicht-Identifizierung einzelner bedeutungsrelevanter Vorlagenbereiche, in globalen Aspekten des Blickverhaltens niederschlagen.

Ausgehend von den bisherigen Überlegungen ist daher mit zwei Effekten zu rechnen:

- Modalitätsübergreifend: Eine mit hoher Blickdichte verbundene, auf chunk-Bildung ausgerichtete apperzeptive Strategie wird zunehmend ersetzt durch eine mit Unterbrechungsaktivitäten und steigender Einzel-Fixationsdauer (d. h. tendenziell niedrigere Blickdichte) verbundene konstruktive Strategie zur chunk-Verknüpfung; das Ausmaß, in welchem diese Strategien situationsgerecht eingesetzt werden, ist leistungsrelevant, und korrespondiert mit der formalen Kurzspeicherkapazität.
- Modalitätsspezifisch: Daraus folgt unter Berücksichtigung der Enkodierungsspezifität von Bildern und Wörtern, daß das Ausmaß visueller Zuwendung im Sinne einer raschen, übergreifenden inhaltlichen Orientie-

rung anfangs auf der Bildkomponente zentriert ist, daß jedoch in dem Maße, in dem (unter Rückgriff auf kategorial-begriffliche Strukturen) kognitive Verknüpfungs- und Elaborationsvorgänge in den Vordergrund treten, die Textkomponente insgesamt relativ zum Anfangsstadium mehr Beachtung findet[)]. Das Ausmaß, in dem sich diese modalitätsbezogene Verschiebung der visuellen Aufmerksamkeit vollzieht, sollte eine positive Beziehung zur Lern- und Behaltensleistung erwarten lassen.

Mit dieser Positionsbestimmung hat die in 2.3.4.1. abschließend formulierte Einschätzung zur Bedeutung des Ausmaßes visueller Zuwendung als Prädiktor der Lern- bzw. Behaltensleistung zweifellos eine Spezifikation und Differenzierung erfahren, die eine Berücksichtigung dieses Parameters im weiteren Gang der Untersuchung nun wieder praktisch sinnvoll und mögliche Ergebnisse theoretisch gehaltvoll erscheinen läßt. Das Zuwendungsausmaß könnte hiernach, neben den Aspekten nominaler und funktionaler Diskrepanz von Bild und Text und den dort der theoretischen Begründung nach zuzuordnenden Reihenfolgeeffekten, als Ausdruck eines eigenständigen behaltensrelevanten Faktors visueller Informationsverarbeitung gewertet werden. Zugleich erwächst dieser Komponente des Blickverhaltens aus der hier skizzierten theoretischen Begründung erheblich mehr Gewicht und eine zumindest teilweise Unabhängigkeit gegenüber jenen in 2.3.2. beschriebenen, eher stimulusseitigen Habituationseffekten (Modalitäts- und Plazierungseinflüsse).

[)] Dies schließt einerseits nicht aus, daß einzelne, sehr spezifische Bildaspekte zur Extraktion verbal schwer kodierbarer Informationen gerade auch in späteren Stadien des Lernprozesses besonders aufmerksam fixiert werden (nominale Diskrepanz; Denotationsproblem!). Andererseits ist damit auch noch keine Spezifikation des Verhältnisses von Bild- und Textzuwendung zu verschiedenen Zeitpunkten des Lernprozesses verbunden. Drittens ist der postulierte Effekt wohl eher statistischer, und nicht gesetzmäßiger Art: D. h. stimulusseitig induzierte Habitualisierungen können von Fall zu Fall die Durchsetzung kognitiven Strategiewechsels im Blickverhalten ebenso überlagern oder unterbinden, wie die formale Kurzspeicherkapazität sich als objektiv beschränkender Faktor für die Ausnutzung einer zunehmend text-basierten, elaborierenden Strategie kognitiven (Re-)Arrangierens erweisen kann.

2.3.4.3. Ursachen und Bedeutung von Unterschieden im Blickverhalten bei der visuellen Informationsaufnahme im Sport

Ergänzend sei noch auf einige sportspezifische Blickbewegungsstudien verwiesen, deren Ergebnisse zumindest tendenziell die hier vertretene Position (vgl. 2.3.4.2.) stützen:

BLISCHKE (1981) konnte in einer Voruntersuchung an Jugendlichen und Studenten (N = 12) zeigen, daß sich das Blickverhalten der Vpn quer zu Anordnungsstruktureffekten allein dadurch veränderte, daß die (bimodal kodierte) Lehrinformation in zwei sukzessiven Präsentationsschritten dargeboten wurde (ebenda S. 16 ff): Trotz formal gesteigerter Komplexität der Vorlage und inhaltlich vergleichbarem Schwierigkeitsgrad nimmt die Fixationshäufigkeit bei der Betrachtung des zweiten Präsentationsschrittes (Lernaufgabe Zwei) gegenüber der Betrachtung des ersten Präsentationsschrittes (Lernaufgabe Eins) ab. Dabei reduziert sich vor allem die Anzahl bildbezogener Fixationen, d. h. der Textteil wird, gegenüber einer überdeutlichen Bildpräferenz in der Lernaufgabe Eins, bei der Lernaufgabe Zwei relativ viel stärker beachtet. Zugleich ändert sich aber auch die Auswirkung von Habituationseffekten: Sind in der Lernaufgabe Eins Modalitätseffekte bestimmend (Bildpräferenz), so treten mit der Lernaufgabe Zwei Plazierungseffekte in den Vordergrund (Präferenz der oberen Vorlagenhälfte). Dies ist ein Hinweis auch auf die Prozeßabhängigkeit von Habituationseffekten und spricht gegen die funktionale Stabilität auch solcher Effekte im Lernprozeßverlauf. Vielmehr liegt nahe, daß die Richtung ihrer Interaktion vom jeweiligen Lernprozeßstadium abhängig ist und gesteuert wird von den kognitiven Verarbeitungsstrategien, die den den einzelnen Lernprozeßstadien entsprechenden Teilaufgaben jeweils adäquat sind (vgl. hierzu die in 2.3.2. und 2.3.3. noch offen gelassenen Fragen). Mit plazierungsbedingt verstärkter Textpräferenz in der Lernaufgabe Zwei sinkt gegenüber der Lernaufgabe Eins zudem drastisch die Gesamtfixationshäufigkeit; d. h. die Dauer der Einzelfixationen, insbesondere der textbezogenen, verlängert sich (Hinweis auf eher textspezifische Enkodierungsprozesse; vgl. 2.2.1. und 2.2.2.).

Daß es sich bei den hier beschriebenen Prozeßeffekten mit großer Wahrscheinlichkeit nicht nur um belanglose Oberflächenphänomene handelt, zeigt sich einerseits darin, daß die Kognitionsleistung mit einer relativen Verschie-

bung des Ausmaßes visueller Zuwendung zugunsten der Textkomponente ansteigt. Andererseits sind alle genannten Effekte bei Erwachsenen sehr viel stärker ausgeprägt als bei Jugendlichen. Insbesondere zeigen die älteren Vpn (vor allen Dingen auf der Bildkomponente) durchweg weniger und längere Fixationen als die jüngeren. Zugleich sind bei Erwachsenen Kognitionsleistungen besser und die KZS-Kapazitäten größer. Wenn sich auch die Differenzprüfungen der vorgenannten Einzeleffekte fast durchweg als signifikant erwiesen, so ist doch die Stichprobe zu klein und zu inhomogen, um die Daten über die erwähnte Voruntersuchung hinaus ruhigen Gewissens verallgemeinern zu können.

Allerdings darf als gesichert gelten, daß Personen unterschiedlichen Wissens- und Könnensstandes sich bei der Betrachtung von Bewegungsabläufen bzw. von entsprechendem Lehrmaterial in ihrem Blickverhalten und damit in ihren visuellen Suchstrategien deutlich unterscheiden. "Könner" zentrieren ihre visuelle Aufmerksamkeit vornehmlich auf die sensomotorisch relevanten, informativen Bereiche des Film- bzw. Bildmaterials, und weisen in der Regel höhere Trefferquoten in der Detail- oder Fehlererkennung auf, sofern solche Aufgaben überhaupt gestellt wurden:

MÖCKEL/HEEMSOTH/HOTZ (1984, S. 289 f) konnten an 48 Vpn zeigen, daß Vpn mit unterschiedlicher Bewegungserfahrung und unterschiedlicher Detailkenntnis des filmisch präsentierten Bewegungsablaufs (Kugelstoßen) sich zwar nicht in ihrer absoluten Fixationshäufigkeit unterschieden, wohl aber in dem Ausmaß, in welchem sie die nach Expertenurteil in unterschiedlichen Bewegungsablaufsphasen als besonders "informativ" erachteten Körperpunkte mit Fixationen "trafen". Allerdings hatten die Vpn keine Testleistung im eigentlichen Sinne zu erbringen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/GRAF (1983, S. 5 f), die das Blickverhalten von Trainern und Athleten (N = 12) bei der Analyse von (statisch präsentierten) fehlerhaften Bewegungsabläufen unter dem Einfluß einer differenzierten Sollwertvorgabe untersuchten: Die Sollwertvorgabe führt zu einem massiven Anstieg der Fixationshäufigkeit auf den informationsrelevanten (großräumigen) Teilbereichen der Gesamtvorlage; dieser Effekt ist wiederum bei den Trainern erheblich stärker ausgeprägt als bei den Athleten. Sowohl dispositives Wissen als auch unmittelbare prozeßuale Kognition beeinflussen also auch in diesem Fall das Blickverhalten hochgeübter Betrachter in einer aufgabenrelevanten Weise. In der Tat zeitigt die Sollwertvorgabe (Aktualisierung von

Wissen über den Bewegungsablauf "Kugelstoßen") im Verein mit der Modifikation des Blickverhaltens gegenüber den Ergebnissen einer Kontrollgruppe signifikant bessere Fragebogen-Leistungen; welchen Anteil das Blickverhalten allein dazu beiträgt, kann anhand der vorliegenden Daten allerdings nicht entschieden werden. Zu unterstreichen ist auch an dieser Untersuchung besonders der durch die kognitive Sollwertaktualisierung hervorgerufene, unmittelbare Prozeßeffekt. Im übrigen weisen auch in diesem Fall die Trainer gegenüber den Athleten durchweg (allerdings geringfügig) niedrigere Fixationshäufigkeiten auf: D. h. entsprechend der oben formulierten Hypothese benötigen die mit einer bereits stärker integrierten Bewegungsvorstellung ausgestatteten Vpn weniger Fixationen (bzw. zusätzliche visuelle Merkmale), um den visuellen Kontext für die Spezifikation der informationsrelevanten Teilbereiche des Präsentationsmaterials herzustellen (das Blickverhalten der Athleten streut stärker), und mit der hierdurch freigesetzten KZS-Kapazität können kognitive Vorgänge der Analyse und Weiterverarbeitung (weniger und längere Fixationen der Trainer) gegenüber den Funktionen visueller Reizaufnahme und -selektion möglicherweise stärker in den Vordergrund treten.

Auch NEUMAIER (1982, S. 201 f.) fand, daß Leistungsturner gegenüber Nicht-Turnern bei der Betrachtung dynamischer Videopräsentationen ihr Blickverhalten stärker auf den zentralen Bereich des gezeigten Turners (Zentrum der Bewegung, i.e. Drehachse, oder Körpermitte) zentrieren, und signifikant mehr antizipatorische Sakkaden aufweisen. Einem Leistungs-, Identifikations- oder Behaltenstest wurden die Vpn auch hier nicht unterzogen. Eine Zentralisierung des Blickverhaltens auf die Körpermitte stellten bereits HAASE/MAYER (1978) bei fortgeschrittenen Fechtern gegenüber Fechtanfängern fest; sie sehen hierin auch eine Ökonomisierung der Informationsaufnahme, die vor allem den spezifisch funktionellen Leistungsbereich peripheren Sehens (Bewegungserkennung) ausnutzt (Dieser Aspekt spielt wohl auch in der Untersuchung von NEUMAYER eine nicht unerhebliche Rolle). RITZDORF (1982, S. 200 ff) dagegen findet weder Unterschiede im Blickverhalten zwischen verschiedenen Leistungsgruppen von Tennisspielern (Betrachtung von Tennisgrundschlägen aus der Gegenspieler-Perspektive), noch irgendwelche Beziehungen von Blickstrategien und der Fehlentscheidungsquote bei der Beurteilung der Schlagrichtung (rechts bzw. links)[)]. Allerdings zeigen Anfänger,

[)] Allerdings berechtigen der von RITZDORF beschriebene Weg zur Bestimmung von Fixationen und die allgemein bekannte Meßgenauigkeit der von ihm benutzten NAC-Systems (vgl. BÖCKER/SCHWERDT 1981) zu einiger Skepsis gegenüber diesem Befund.

Teil nicht mehr visuell exakt bzw. isoliert zu erfassen braucht.

Im Grunde bedeutet ja die in praktisch allen hier referierten Blickbewegungsstudien, mit Ausnahme des Erkundungsexperiments von BLISCHKE (1981), vorgenommene Differenzierung der Vpn nach Könnern und Anfängern zugleich eine mehr oder weniger deutliche Differenzierung auch in der Aufgabenstellung, der sich die Angehörigen jeder der beiden Vpn-Gruppen gegenüber sahen: Der Könner kennt die betreffende Bewegung, er will sich ihrer bestenfalls vergewissern, bzw. kann sich sofort auf die (bekannten) aufgabenrelevanten Merkmale konzentrieren; der Anfänger muß immer auch in einem gewissen Ausmaß zunächst "entziffern" (also verstehen), wie die Bewegung eigentlich funktioniert, über die er nun spezielle Aussagen treffen soll (z. B. Identifizierung bewegungstechnischer Fehler beim Kugelstoßen; Antizipation der Flugrichtung des Tennisballs)).

Derartige Blickmuster von Hochgeübten sind also nicht per se repräsentativ für "gutes", d. h. funktionales Blickverhalten. Gefragt ist vielmehr unter dem Aspekt der Lernsteuerung immer nach der niveauangemessenen Optimalstrategie und den unterrichtstechnologischen Möglichkeiten, diese zu induzieren. Für das experimentelle Vorgehen drängt sich auch hier wiederum eine Verbindung von differentialpsychologischem und prozeßorientiertem Ansatz auf (vgl. auch 2.2.5.).

Die Aufgabenstellung übt aber auch dann, wenn sie extern vorgegeben wird, einen direkten Einfluß auf die Art der zur Informationsaufnahme und -ver-

---

)Dieser Unterschied auch in der Aufgabenstellung wird besonders augenfällig in einer sehr kleinen (und damit nicht generalisierbaren) Pilotstudie von DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER (1981 b, S. 3) zur Abhängigkeit des Fixationsmusters bei Bild-Text-Kombinationen statischen Präsentationsmaterials vom Könnensstand: Anfänger, denen die präsentierte Bewegung unbekannt war, verwandten die Hälfte aller Fixationen auf den für das Verständnis offensichtlich wesentlichen Lerntext (verbale Bewegungsanweisung) und zeigten einen häufigen Blickwechsel zwischen Text und der ziemlich komplizierten bildlichen Darstellung (mehrfache Superposition); Könner dagegen, die den Bewegungsablauf wettkampfmäßig beherrschten, verwandten praktisch ohne Blickwechsel zwischen den Modalitäten nahezu dreiviertel aller Fixationen auf die Bildkomponente, d. h. sie bedurften anscheinend weder der kategorial-begrifflichen Textinformation, um zu verstehen, wie die Bewegung "im Prinzip" funktionierte, noch, um das Bild in seinen einzelnen Komponenten zu "entschlüsseln", sondern konnten sich vorrangig den in der Bildkomponente, und nur dort, denotierten Hinweisen zu "absoluten" Realisierungsanforderungen widmen (konkretes Beispiel! vgl. 2.1.2.2.2. zum Denotationsproblem).

bei einer vergleichbaren Fehlentscheidungsrate, unter der Belastung von Zusatztätigkeiten erheblich längere Entscheidungszeiten als Fortgeschrittene. RITZDORF begründet dies mit der begrenzten Verarbeitungskapazität des KZS und der Annahme, daß sich Anfänger einer aufwendigeren Strategie der Zusammenfassung (chunking) und Analyse der eintreffenden Informationen bedienen als Spitzenspieler (ebenda S. 197). Insofern fügt sich auch dieses Ergebnis durchaus in den Diskussionszusammenhang zur Konstruktvalidität und Prädiktorreliabilität des Ausmaßes visueller Zuwendung als Maß für die Lernleistung und zur Interdependenz "visueller" und "kognitiver" Faktoren ein.

Sind auch diese Studien aus verschiedenen Gründen nicht unmittelbar vergleichbar (statisches und dynamisches Präsentationsmaterial aktiviert unterschiedliche Funktionsbereiche des Blickverhaltens; unterschiedliche Aufgabenstellungen, z. B. Betrachten, Abschätzen von Richtungen, Fehlererkennung, Bewegungslernen, provozieren unterschiedliche Blickmuster), so unterstreichen sie doch grundsätzlich die Richtigkeit der Annahme kognitionsabhängiger Veränderungen von Blickverhalten und internen Verarbeitungsstrategien. Sie ersetzen jedoch keineswegs eine lern-, geschweige denn eine prozeßorientierte Betrachtungsweise und einen hierfür spezifischen experimentellen Zugriff. So lassen die genannten Untersuchungen (mit Ausnahme der methodisch allerdings in einigen Punkten nicht unproblematischen Voruntersuchung von BLISCHKE) nicht nur die Frage nach der Beziehung könnensstufenspezifischer Blickmuster und der sensomotorischen Lernleistung unbeantwortet, und bieten natürlich auch keine für die Bild-Text-Problematik spezifischen Anhaltspunkte, sondern sie geben auch keine Auskunft darüber, wie sich auf dem jeweiligen Könnensniveau der individuelle Lernprozeßverlauf (intraindividuell) in wechselnden kognitiven Verarbeitungsstrategien und möglicherweise korrespondierenden Komponenten der (visuellen) Informationsaufnahme manifestiert, bzw. ob zunehmend andere Präsentationsmerkmale informationell relevant werden. Von daher ist auch (in Ermangelung lernexperimenteller Absicherungen) keineswegs ausgemacht, daß die Blickstrategien der "Könner" in jedem Fall auch für die "Anfänger" optimal sind. Viel wahrscheinlicher ist es, daß der Anfänger im konkreten, fertigkeitsbezogenen Lernprozeß sehr wohl auf die Identifizierung von Merkmalen angewiesen ist, die der Könner aufgrund seines Vorwissens angesichts der 2.3.4.1. und 2.3.4.2. ausgeführten Überlegungen zum

arbeitung eingesetzten kognitiven Prozesse aus, was in unterschiedlichen Strukturen des Blickverhaltens zum Ausdruck kommt. In einer entsprechenden Pilotstudie (N = 9) fanden DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER (1981 a, S. 5) Hinweise darauf, daß gegenüber dem nur ungerichteten Betrachten statischen Präsentationsmaterials mit der Anforderung des Memorierens oder gar des Realisierens der in Text und Bild beschriebenen, den Vpn durchweg unbekannten Bewegung nun nicht mehr die Bild-, sondern die Textkomponente häufiger fixiert wird. Auch setzt mit der Aufgabenstellung des "Realisierens" die Betrachtungsreihenfolge beim Text an, sonst jedoch beim Bildteil. Dies darf, neben den entsprechenden Teilergebnissen der bereits erwähnten Voruntersuchung (BLISCHKE 1981; 1983) und der in der Pilotstudie zur Bedeutung des Könnensstandes für das Blickverhalten dokumentierten Tendenz, als weiterer Hinweis auf die wesentliche Rolle der sprachlichen, kategorial-begrifflichen Information für die mit der sensomotorischen Konzeptualisierung verbundenen kognitiven Strukturierungs- und Verknüpfungsprozesse verstanden werden (vgl. auch 2.2.4. und 2.1.2.1.4.). Darüberhinaus ist möglicherweise auch die Betrachtungsreihenfolge nicht nur von modalitäts- und plazierungsbedingten Habituationseffekten, sondern auch von der durch die Aufgabenstellung definierten Prädisposition abhängig.

Es ist also zu erwarten, daß je nach der Aufgabenstellung auch innerhalb von Stichproben, die hinsichtlich ihrer könnens- und kenntnisbezogenen Voraussetzung als homogen zu betrachten sind, habituellen Überformungen des Blickverhaltens (und damit auch der Art und Weise, wie Bilder und Texte inhaltlich verarbeitet und integriert werden) in sehr unterschiedlichem Maße Raum gegeben wird. Nun soll dieser Aspekt im Rahmen meiner Untersuchung - deren Aufgabenstellung ist ja als Neuerwerb einer großmotorischen Bewegung bereits fest umrissen - nicht weiter differenziert werden; die wenigen Hinweise unterstreichen aber einmal mehr die Problematik einer unkritischen Übernahme von Ergebnissen auch umfangreicher Studien zu Habituationseffekten auf das Blickverhalten, wenn diese vornehmlich vom Stimulusmaterial her konzipiert sind, und den Aspekten eigenständiger, kognitiver Einflußfaktoren nicht hinreichend Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

Solche Einflußfaktoren sind nach den bisher in 2.3.4. dargestellten theoretischen Überlegungen und empirischen Hinweisen zu begreifen als

- Disposition, die gegenstands- und aufgabenspezifisch bereits vor dem

Beginn des eigentlichen Lernprozesses die Strukturen der Informationsaufnahme und -verarbeitung beeinflussen; solche Faktoren sind in einer experimentellen Arbeit explizit festzulegen;

- Dispositionen, die könnensabhängig (im fertigkeitsspezifischen Sinne) von vornherein bestimmte Aspekte des Präsentationsmaterials als informationell relevant oder aber als irrelevant erscheinen lassen, je nachdem, welche Teilaufgaben im Prozeß der Aktualgenese des Fertigkeitserwerbs schon bewältigt worden sind oder nicht; auch diese Dispositionen kennzeichnen also in erster Linie die Art der zu bewältigenden Aufgaben selber, und nicht so sehr die Art und Weise ihrer Bewältigung; sie sollen daher im experimentellen Design mit der Spezifikation des Könnensniveaus ebenfalls festgelegt werden[)];

- kognitive Verarbeitungsstrategien, die prozeßabhängig die Struktur der visuellen Informationsaufnahme verändern, einen Funktionswechsel bestimmter visueller Operationen bedingen und die Wertigkeit unterschiedlicher Informationskomponenten bzw. -modalitäten zu verschiedenen Zeitpunkten im Prozeß der Ausbildung und Komplettierung einer Bewegungsvorstellung gegeneinander verschieben (vgl. auch 2.3.4.2.); solchen Prozeßstrukturen einerseits und ihrer Bedeutung für die Konsistenz und Validität von Habituationseffekten und Blickmustern als Behaltensprädiktoren andererseits sollte experimentell z. B. anhand eines in Etappen organisierten Lernprozesses nachgegangen werden;

- allgemeine Funktionspotenzen, die im Zusammenwirken ontogenetischer Faktoren und langfristiger, gegenstandsübergreifender Lernprozesse ("kristalline" Intelligenz) entwicklungsspezifische Unterschiede in der globa-

---

[)] Auch solche Festlegungen dürfen nicht in einem naiven Sinne getroffen werden, sobald man das Ineinandergreifen funktioneller Leistungen in Rechnung stellt, die auf verschiedenen Hierarchie- und Generalisierungsebenen anzusiedeln wären: Beispielsweise zeigt die Arbeit von RITZDORF (1982), daß sich Ballspieler einer vergleichbaren Leistungsklasse in ihrem Entscheidungsverhalten nicht von Tennisspitzenspielern unterschieden, auch, wenn ihnen der konkrete Bewegungsablauf (Tennisvorhandschlag) nicht in gleichem Maße geläufig war wie jenen. Die Bewältigung der von RITZDORF geforderten antizipatorischen Aufgabe scheint also nicht in dem Maße an die Konzeptualisierung des konkreten Bewegungsablaufs selber (Bewegungsvorstellung) gebunden zu sein, wie dies für den Fall des Bewegungsneulernens wohl zu erwarten wäre. Auch in einem solchen Fall müssen jedoch, etwa mit Blick auf die in 2.1.2.3.5. erwähnten selbstorganisierenden Koordinationsprozesse teilautonomer "koordinativer Strukturen" oder im Hinblick auf die assoziative Vertrautheit einschlägiger Begrifflichkeiten mögliche Auswirkungen von Unterschieden in allgemeineren (z. B. sportartspezifischen) Leistungsvoraussetzungen einkalkuliert werden.

len Struktur visueller Informationsaufnahme, in der Ausprägung habitueller Formen des Blickverhaltens und in der Fähigkeit zur Nutzung bestimmter Informationskomponenten bzw. -modalitäten zeitigen (vgl. auch 2.2.5. sowie 2.4.); die zu praktischen Zwecken nötige Abschätzung der Validität von Aussagen zur Beziehung von Informationsmodalität, Blickverhalten und Lern- bzw. Behaltensleistung (vgl. 2.3.4.1.) macht im Hinblick auf die jeweils interessierenden Anwendungsbereiche ein differentielles experimentelles Design erforderlich;

- funktionelle Kapazität der die Informationsaufnahme und unmittelbare Informationsverarbeitung betreffenden Funktionseinheiten ("fluide" Intelligenz), die Auswahl und Ausnutzung prozeßorientierter Apperzeptions- und Verarbeitungsstrategien (und damit natürlich, in Anbetracht ihrer jeweiligen Enkodierungsspezifität, Zuwendungsausmaß und -reihenfolge zu Bild- und Textinformation) mit bestimmen; diesem Aspekt könnte man sich experimentell in einem ersten Zugriff durch die begleitende Kontrolle der KZS-Leistung nähern.

Die in Kapitel 2.2. noch sehr grundsätzlich und allgemein entwickelte Hypothese zur Bedeutung unterschiedlicher Informationsmodalitäten für die lerntechnologische Effektivierung sensomotorischer Konzeptualisierungsvorgänge (vgl. 2.2.3. und 2.2.5.) hat also eine zunehmende Spezifizierung, das zunächst einfache experimentelle Design (verglichen werden zwei unimodale und eine bimodal präsentierte visuelle Instruktion hinsichtlich ihrer Lernwirkung) eine erhebliche Ausdifferenzierung erfahren: Dies betrifft zunächst die Einbeziehung habituellen Blickverhaltens als möglichem Interferenz- bzw. Steuerungsfaktor, die eine Differenzierung der bimodalen Präsentationsvariante nach der Anordnungsstruktur von Bild- und Textanteilen verlangt (vgl. 2.3.1. und 2.3.2.). Sodann legt die ausführliche Diskussion der dem Blickverhalten und den bisher beobachteten Effekten unterliegenden personinternen Funktionsprozesse und ihrer intraindividuellen Plastizität (vgl. 2.3.3., 2.3.4.1. und 2.3.4.2.) für alle Präsentationsvarianten einen prozeßorientierten Zugriff nahe. Die Bedeutung langfristiger Entwicklungsprozesse und starker interindividueller Unterschiede für die visuelle Informationsaufnahme und die Bild-Text-Integration (vgl. 2.2.5. und 2.3.4., insbesondere 2.3.4.3.) schließlich verlangt von vornherein eine differentielle Betrachtung des Problemfeldes; hierzu wäre einerseits eine populationsspezifische Differenzierung der Vpn in bezug auf ihr jeweiliges "Entwicklungsstadium" etwa in Form einer "Quasi-

Längsschnitt-Studie" geeignet (vgl. hierzu im einzelnen 2.4.); andererseits aber müßte zugleich auf jeder dieser "Entwicklungsstufen" die interindividuelle Variabilität des Einflusses nicht-visueller kognitiver Faktoren durch ein geeignetes Verfahren, wenn schon nicht differenziert abgeschätzt, so doch kontrolliert werden (vgl. hierzu 2.3.5.). Außerdem hat die Durchsicht empirischer Arbeiten das Blickverhalten als sensiblen Indikator für eine Reihe weiterer Einflußgrößen ausgewiesen (vgl. 2.3.4.3.), die aus Validitätserwägungen heraus in einer Experimentalsituation von vornherein spezifiziert werden müßten (Aufgabenstellung; Vororientierung; fertigkeitsspezifischer Könnensstand; etc.).

Teils aus inhaltlichen (andere Fragestellung), teils aus methodischen Gründen (nicht verallgemeinerbar), erlauben jedoch auch die Ergebnisse der in diesem Abschnitt vorgestellten sportspezifischen Blickbewegungsstudien noch keine sichere Prognose für die Beziehung von Informationsmodalität, sensomotorischer Lernleistung und jenen, die visuelle Informationsaufnahme beeinflussenden Größen. Die referierten Ergebnisse stützen allerdings zumindest mittelbar den bereits in der Diskussion sportunspezifischer Arbeiten entwickelten Gedankengang zur theoretischen Begründung und experimentellen Analyse der uns interessierenden Prozesse. Die oberflächlich zunächst scheinbar widersprüchlichen Ergebnisse lassen sich so zumindest interpretativ miteinander in Einklang bringen, und zwar in einer Weise, die eine experimentelle Überprüfung der postulierten Beziehungen durchaus realisierbar erscheinen läßt.

Wie schon die erwähnten werbe- und kognitionspsychologischen Blickverhaltensstudien, so stellen auch die einschlägigen sportspezifischen Untersuchungen fast ausnahmslos auf das Ausmaß visueller Zuwendung als relevantem Blickverhaltensmerkmal, oder doch zumindest auf relativ "grobmaschige" Blickmuster ab; so werden z. B. Reihenfolgeeffekte durchweg unter dem Gesichtspunkt der Betrachtungsabfolge großflächiger, in sich jeweils komplex strukturierter Bild- und Textkomponenten oder großräumiger Vorlagenareale behandelt. Das analytische Interesse aller dieser Untersuchungen wird also schon durch die Art des methodischen Zugriffs zum Blickverhalten hauptsächlich auf die basalen kognitiven Funktionen und deren differentielle Nutzung (Könner - Anfänger; Betrachten - Realisieren; bottom-up- -top-down-Enkodierung; chunk-Bildung – chunk-Verknüpfung; etc.) gelenkt.

Die in dieser Weise zur Bezugs- und Berechnungsgrundlage gewählten komplexen Vorlagenkomponenten bieten in sich natürlich noch weitergehende Ansatzpunkte zur Differenzierung von Blickmustern. Das analytische Interesse verschöbe sich damit von den grundlegenden internen kognitiven Prozessen und ihrer funktionellen Bedeutung für die Weiterverarbeitung und Speicherung von Informationen hin zu der Frage, welche Bedeutung der Betrachtung bestimmter Vorlagendetails im Vergleich zu anderen Einzelmerkmalen für die Behaltensleistung, Fehlererkennung oder für das allgemeine Verständnis der Lehrinformation zukommt. In der Tat weisen die Arbeiten von MÖCKEL/HEEMSOTH/HOTZ (1984) und von DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/GRAF (1983) in diese Richtung, insofern als in beiden Arbeiten die Qualität von Blickmustern bemessen wird am Ausmaß visueller Zuwendung zu spezifischen, als besonders informativ eingeschätzten Detailmerkmalen (oder solche Merkmale bevorzugt enthaltenden Arealen) des Stimulusmaterials. Nicht mehr die personseitig zuzuordnende (modalitätsspezifische, könnensspezifische, lernstadienbezogene, usw.) Enkodierungsstrategie wird kenntlich gemacht und in ihrem Stellenwert für den visuomotorischen Informationsumsatz eingeschätzt, sondern Blickverhaltensanalysen werden eingesetzt, um - zusätzlich zum Expertenurteil - möglicherweise Schlüsselinformationen transportierende Merkmale im Stimulusmaterial zu identifizieren. Zielen im ersten Fall vorrangig lern- und unterrichtstechnologische Überlegungen auf eine Induzierung optimaler Strategien der Informationsaufnahme und -verarbeitung durch entsprechende Materialgestaltung und Kodierungsformen (dies ist unsere Fragestellung), so steht im zweiten Fall die Vorstellung von einer inhaltlich differenzierten Lenkung visueller Aufmerksamkeit Pate. Wenn auch aus dem gemeinsamen Interesse an einer Optimierung mediengestützter Lehr-Lern-Prozesse entstanden, sind dies doch zunächst zwei deutlich verschiedene Fragestellungen.

Allerdings könnte man einwenden, eine merkmalsbezogene Detailanalyse der visuellen Informationsaufnahme könnte zu einem differenzierteren Verständnis jener semantischen Enkodierungs- und chunking-Prozesse beitragen, die ja einen wesentlichen Teil des theoretischen Begründungszusammenhangs meiner Überlegungen zur Text-Bild-Interaktion im Zuge sensomotorischer Konzeptualisierungsvorgänge ausmachen. Im folgenden Abschnitt (2.3.4.4.) sollen daher unter diesem Aspekt einige Brauchbarkeitserwägungen bezüglich derartiger Blickpfad-Analysen im Rahmen der Fragestellung dieser Arbeit resümiert werden.

2.3.4.4. Zum Stellenwert von Blickpfadanalysen im Vergleich zu "global measures" - ein empirisches und meßmethodisches Problem

Zunächst ist es erforderlich, "Blickpfade" als spezifische Qualität des Blickverhaltens gegenüber den bisher diskutierten Formen von Blickmustern abzugrenzen. Zweifellos nicht angesprochen sind hier das gesamte Material übergreifende, unabhängig von einzelnen Komponenten des Stimulusmaterials definierte Aspekte des Blickverhaltens wie z. B. "Blickdichte" oder (durchschnittliche) Fixationsdauer (bezogen auf Einzelfixationen). Aber auch die Präferenz bestimmter großräumiger Vorlagenareale von inhaltlicher oder modalitätsspezifischer Eigenart ist hier nicht gemeint, wenngleich dabei neben dem (quantitativen) Ausmaß visueller Zuwendung durchaus auch (qualitative) Aspekte "gerichteten" Blickverhaltens wie Betrachtungsreihenfolge, Blickwechsel, Betrachtungszeitpunkt, etc. eine Rolle spielen, denn immer werden hierbei eine ganze Anzahl verschiedener, sich zumeist mehrfach überschneidender Fixationen in einem größeren Bereich zusammengefaßt; potentiell können, faktisch und theoretisch, jeweils auch eine Menge anderer konkreter Fixationen in den betreffenden Bereichen dasselbe Rechenergebnis und dieselbe (kognitive) Wirkung zeitigen. Gemeint ist hier also keine der verschiedenen räumlichen und zeitlichen, immer summativ verstandenen "global measures". Gemeint sind vielmehr Blickmuster, die in ihrer Definition wesentlich stärker an den singulären Ausschnitt der konkreten Einzelfixationen und/oder der zugehörigen Sakkaden (betr. Lokalisation und Richtung) gebunden sind ("feature-ring"-Hypothese).

Sollten im Rahmen dieser Untersuchung stimulusseitig definierte "global measures" außer Betracht bleiben (vgl. 2.3.4.2. und 2.3.4.3.), soweit sie nicht mit den jeweils verwendeten Modalitätskomponenten "Bild" oder "Text" gleichzusetzen sind, weil im Rahmen einer reinen ex post facto Analyse die inhaltlichen und meßmethodischen Definitions- und Abgrenzungsprobleme kaum zu lösen wären[)], so könnte im Fall von Blickpfad-Analysen etwas anders argumentiert werden: Blickpfade, so könnte man einwenden, können nicht nach un-

[)] Der entscheidende "Sicht"-Wechsel in der zitierten Arbeit von DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/GRAF (weg von der Betrachtung der Fixationen auf Einzelbildern hin zur Berücksichtigung des Blickverhaltens in der gesamten Region der unteren Körperextremitäten aller sechs Einzelbilder) erfolgte ja nicht zufällig, sondern unter Applikation theoretischen Vorwissens über funktionale Aspekte des Bewegungsablaufs und unter Berücksichtigung introspektiver Expertenäußerungen zum eigenen Beobachtungsverhalten in konkreten Trainingssituationen.

terschiedlichen theoretisch-inhaltlichen Vorgaben mehr oder weniger beliebig definiert werden (sie wären damit schon ihrer Existenz nach Objekt von alternativen Entscheidungen), sondern sie seien am konkreten Stimulusmaterial immer so und nicht anders kenntlich als Abfolgen einzelner Fixationen auf ganz spezifischen Vorlagendetails und/oder als Abfolgen einzelner Sakkaden in jeweils ganz spezifischen Richtungen. Als derartige immer wiederkehrende, differenzierte Muster seien sie bei geringer interindividueller Variabilität aufgrund ihres regelhaften Auftretens in Blickverhaltensanalysen identifizierbar.

Zu fragen ist: Gibt es überhaupt solche Strukturen? Und wenn ja, sind sie empirisch gehaltvoll? Die Feststellung, daß im Bereich der oben diskutierten "global measures" durchaus unterschiedliche cluster von Fixationen nach Funktion und Effekt als gleichwertig zu betrachten sind, gibt hier nun GIBSON's Einwand ernsthaft Raum, wonach sich Fixationen zufällig und unsystematisch über zumindest bestimmte Teilbereiche einer Reizvorlage verteilen: "Das vorliegende Hinweismaterial deutet darauf hin, daß die Fixationssequenzen, was das Sehen ganz allgemein betrifft, mehr oder weniger vom Zufall bestimmt" sind (GIBSON 1973, S. 235). Natürlich ist das Blickverhalten auch im hier diskutierten Sinne so beliebig nicht (vgl. auch SANDERS 1971, S. 102), sondern es ist vor allem abhängig von formalen Eigenschaften der (Bild-)Vorlage (Konzept der Reizvariablen, GIBSON 1973, S. 86 ff); d. h. Fixationen treten konzentriert auf an Konturen, Konturunterbrechungen und -überschneidungen (vgl. auch WITT 1977, S. 44; GRÜSSER 1980, S. 278 ff., S. 293). Für das Textlesen (vgl. HABER 1976, sowie MC CONKIE/RAYNER 1975) und für die Bildbetrachtung (vgl. ANTES 1974, sowie LOFTUS 1976) sind auf dieser Tatsache fußende Modelle der Blickverhaltenssteuerung entwickelt worden, die neben der fovealen auch die periphere Wahrnehmung einbeziehen: Aufgrund fovealer Informationsverarbeitung und zugleich peripherer Reizeindrücke etablierte "Vorerwartungs-Hypothesen" triggern die jeweils nächstfolgende Fixation. Auswahlkriterien sind hierbei aber wiederum nicht semantische oder syntaktische Aspekte des Informationsmaterials, sondern in erster Linie graphische bzw. typographische Charakteristika (Farbe; Kontrast; Wortlänge; Wortschatten; Wort-Zwischenräume; etc.), also die physikalischen Eigenschaften der Reizobjekte. Sieht man aber einmal von diesen formalen Reizgegebenheiten und den in ihnen beschlossenen Möglichkeiten zur

Steuerung der visuellen Informationsaufnahme ab[)], so ist GIBSON's Vorbehalt nach wie vor ernst zu nehmen.

Es müßte gezeigt werden, daß - unabhängig von den Effekten physikalischer Reizbedingungen - Blickpfade im oben skizzierten Sinne in nicht-beliebiger Weise bestimmten kognitiven Strategien oder kognitiven Leistungen (Lern-, Behaltens-, Diskriminationsleistungen etc.) korrespondieren. Diese u.a. von STARK/ELLIS (1981) formulierte Hypothese überprüften FISHER/KARSH/BREITENBACH/BARNETTE (1983) in einer komplexen Experimentalstudie (N = 46). Den Vpn wurden in einem Inspektions- und in einem Testdurchgang zwei Serien von jeweils 16 komplexen Landschaftsdias gezeigt; Inspektions- und Testbilder stimmten in der einen Serie überein, in der anderen unterschieden sie sich in relevanten Einzelheiten. Jedes Dia der Inspektionsserien wurde acht Sekunden lang präsentiert, die Testdias hingegen je nach Versuchsbedingung zwischen 50 msec und offener (subjektkontrollierter) Betrachtungszeit von mehreren sec. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß durchweg keinerlei systematische Beziehungen zwischen den Blickpfaden, weder inter-, noch intraindividuell, erkennbar sind[)]. Die Feststellung der Übereinstimmung bzw. die Fehlererkennung erscheint zudem unabhängig davon, ob das/die betreffende(n) Merkmal(e) direkt fixiert wurde(n) oder nicht (ebenda S. 208). Die Autoren kommen zu dem desillusionierenden Urteil, daß "the frequent occurrence of

---

[)] Diese gesamte Problematik soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit ausgespart bleiben, deren zentraler Ansatz auf die Nutzbarmachung semantischer Verbeitungsvorgänge bei der Kombination von Bild- und Textmaterial ausgerichtet ist. Die (zusätzliche) Orientierung auf graphisch-typographische Einflußfaktoren trägt unmittelbar nichts zur Klärung dieser Problematik bei, und hätte im Rahmen ein- und desselben experimentellen Ansatzes eher die Wirkung einer Störvariablen.

)) Auch GRONER/WALDER/GRONER (1984, S. 526) kritisieren die feature-ring-Hypothese und belegen demgegenüber die Bedeutung peripherer Wahrnehmung ohne Foveation und scan paths für die Wiedererkennensleistung; sie begründen darüber hinaus gegenüber dem Ansatz von STARK/ELLIS die grundlegenden Schwierigkeiten, die Konzeption eines interindividuell gemeinsamen scan paths aufrechtzuerhalten und überhaupt testen zu können. In einer experimentellen Studie an sechs Vpn kommen sie jedoch zu dem Ergebnis, daß einige Vpn bei der Betrachtung von Gesichtern in der Lage sind, im Vergleich zu anderen ein gewissermaßen "intraindividuell" stabileres Blickverhalten zu entwickeln, d. h. bestimmte Dreiergruppen von verschiedenen Vorlagenbereichen (z. B. linkes Auge, rechtes Auge, Nase) wurden von diesen Vpn im Verlauf der gesamten Betrachtung wiederholt in der gleichen Reihenfolge fixiert. Dieses Verhalten erwies sich als vorteilhaft, um Distraktorbilder in einer Testsitzung als "nicht identische" zu identifizieren, jedoch als nachteilig, um die Übereinstimmung von Nicht-Distraktoren mit den in der Eingangssitzung präsentierten Bildern festzustellen (ebenda S. 532).

what appears to be a completely idiosyncratic, unrepeatable eye movement pattern delimits the availability of appropriate models to describe the data", und daß "what does seem apparent is the amount of misunderstood and possibly epi-phenomenal events that occur when subjects view pictures" (ebenda S. 210).

Was für die Autoren, nicht zuletzt mit Blick auf die vielzitierten Arbeiten von YARBUS (1967), von der Blickpfad-Hypothese bleibt, ist dies: "What is reflected in the scan paths, though, is a correlation of the fixation's location with high information areas of the picture without (Hervorhebung im Text) regard to sequence, and then pushed to extremes as with YARBUS' subjects[)], the reflected cognitive process may be as simplistic as "It s there, so I'll look at it," and "If I look at it enough may be I'll remember it" (ebenda S. 210)[))]. Dies bedeutet eine Auflösung der scan-path-Definition in Richtung auf die oben apostrophierten "global measures", wie sie ganz parallel ja auch schon in der bereits zitierten Arbeit von SHEBILSKE/FISHER (1983, S. 311) für den Bereich des Textlesens vorgeschlagen worden ist: Leser überspringen nicht selten, offenbar ohne erkennbaren Informationsverlust, mit ihrem Blick inhaltsträchtige Wörter, und sie tun dies in irregulärer Wei-

---

[)] Die Autoren sprechen hier von der "willingness to suffer through successive three minute viewings of the same static scene..." (ebenda S. 210).

[))] Dieser Eindruck wird durch eigene Befunde gestützt: er erinnert einmal an das Ergebnis der schon zitierten Untersuchung von DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/GRAF (1983). Sodann konnten DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/BEYER (1983) in einer Untersuchung an 20 Schülern zeigen, daß bei viermaliger, sukzessiver Präsentation eines Reihenbildes von einem zu erlernenden Bewegungsablauf für jeweils drei sec charakteristische Häufigkeitsverteilungen der Fixationen auf den verschiedenen Einzelbildern (insgesamt vier) und spezifischen Teilelementen (Bewegungsrichtungspfeilen) zu verzeichnen waren. Diese Häufigkeitsverteilungen waren jedoch in allen vier Betrachtungseinheiten (statistisch gesehen) gleich, zeigten in ihrer graduellen quantitativen Ausprägung keinerlei Beziehung zur Kognitionsleistung (Bewegungsvorstellung) und wurden auch nicht durch die zusätzliche Aufgabe modifiziert, die Bewegung nach jeder Präsentation auch auszuführen (Versuchs- versus Kontrollgruppe). Bei aller Vorsicht der Interpretation läßt sich daraus überdies entnehmen, daß auch ein Prozeßeffekt auf das Blickverhalten bei dieser Art von Betrachtungsstruktur entweder die Veränderung der informationellen Basis durch neueinzugliedernde, zuvor noch nicht präsentierte Information (sukzessiver Lernprozeß) bzw. durch aufmerksamkeitszentrierende Aktualisierungsvorgänge (z. B. Sollwertaktualisierung), oder aber eine Änderung bzw. Spezifikation der Aufgabenstellung (z. B. Fehlerrückmeldung nach erfolgtem Realisierungsversuch) voraussetzt; beides liegt, kognitionsseitig betrachtet, sehr eng beieinander.

se; als Erklärung mögen die o. g. nicht-visuellen kognitiven Einflußfaktoren und KZS-Prozesse dienen. Ganz in diesem Sinne argumentieren hier auch HELLER/MÜLLER (1983, S. 301) aufgrund ihrer Ergebnisse an Blickbewegungsstudien zum Textlesen bei Kindern: "... in reading the meaningful texts the subject is able to take advantage of the language constraints. Approaching a critical word that is controlled with regard to word length, word shape, syntactic function, etc., peripheral processing activities can be done successfully - ...", und weiter: "...the wider range of the facilitating effect in our reading task may be due to the subject being able to form linguistic expectations about the critical word that are based not only on peripheral visual cues, but also on syntactic and semantic constraints" (ebenda S. 302).

Die Hoffnung, in detaillierten Blickpfadanalysen außer einer Reflexion der rein visuellen Attraktion physikalischer Reizgegebenheiten einen regelhaften Ausdruck (unterschiedlicher) kognitiver Bewertungen und Verwertungen dieser Stimulusmerkmale finden zu können, muß bei dem derzeitigen methodischen Standard sowohl für Bilder als auch für Texte als gering eingeschätzt werden; die Applikation komplexer mathematischer Modelle, etwa MARKOFF-Algorithmen, u. a. auf das Textlesen (vgl. KLIEGL 1984) ist noch nicht weit genug entwickelt und getestet worden, um hier schon einbezogen werden zu können. Blickpfadanalysen sind damit im Rahmen unserer Fragestellung kein geeigneter Zugriff zur Struktur und zu Prozessen der visuellen Informationsaufnahme. Daß eine Kombination von Bild- und Textanteilen im Präsentationsmaterial in dieser Hinsicht in irgendeiner Weise zu grundsätzlich anderen Effekten führen sollte, steht ebenfalls nicht zu erwarten. Vielmehr läßt das in der zitierten Studie von DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/BEYER (1983) berichtete zentrale Ergebnis, wonach wiederholte Realisierungsversuche der zu erlernenden großmotorischen Bewegung ohne erkennbaren Einfluß auf die Struktur der visuellen Informationsaufnahme (Bildinstruktion) bleibt, auf der Basis der eingangs entwickelten Konzeption eines einheitlichen, semantischen Gedächtnisses mit multimodalem Zugang die folgende Spekulation als viel naheliegender erscheinen: Werden Interferenzen nicht künstlich erzwungen, so erfolgt die Informationsaufnahme für jede Modalität (hier imaginal und motorisch) in der für diese typischen Weise; erst die nachgeschalteten kognitiven Verarbeitungsprozesse bieten die Möglichkeit für Interferenz- und Integrationsvorgänge. Dies würde im übrigen bedeuten, daß bei einer simultanen Bild-Text-Präsentation keine häufigen intermodalen Blickwechsel, sondern eher ein zwar sukzessives, aber in sich jeweils "vollständiges" visuelles Abgreifen jeder der beiden modalitätsspezifischen Informationskomponenten zu erwarten wäre.

Auch andere Experimentatoren greifen bei der Beschreibung ihrer Ergebnisse letztlich auf pauschale bzw. globale Maße des Blickverhaltens zurück. So differenzieren z. B. SCHUMACHER/KORN (1983) geübte und ungeübte Betrachter von Landschafts-Luftaufnahmen, in denen militärische Objekte zu suchen waren, nach ihrer durchschnittlichen Sakkadenlänge (je kürzer, desto besser; ebenda S. 39), und rekurrieren im übrigen auf Durchschnittsmaße des Ausmaßes visueller Zuwendung zu definierten Vorlagenbereichen (ebenda S. 38). Die konkreten Blickpfade orientieren sich, ohne daß hierin allerdings weitergehende Regelmäßigkeiten berichtet worden wären, an physikalischen Reizgegebenheiten; d. h. die Vpn fixieren keine leeren, grauen Flächen, sondern vorzugsweise konturierte Objekte wie Häuser, Bäume und Panzer. Auch hiermit eröffnet sich also kein Zugriff zu differenzierten kognitiven Prozessen. Die durchschnittliche Sakkadenlänge scheint uns im Hinblick auf die vorgegebene Suchaufgabe ein ebenso relevanter übergreifender Faktor des Blickverhaltens zu sein, wie das Ausmaß visueller Zuwendung (bzw. Fixationshäufigkeit und durchschnittliche Fixationsdauer) im Hinblick auf Behaltensanforderungen; beide Komponenten sind also durchaus vergleichbar und kennzeichnen die Richtung, in der möglicherweise erfolgreicher nach ergebnisrelevanten Aspekten des Blickverhaltens zu suchen wäre, als dies bisher auf der Basis der engen scan-path-Hypothese gelungen ist.

Als Charakteristikum solcher komplexen Blickverhaltensmerkmale könnte vielleicht angesehen werden, daß sie jeweils einen aufgabenspezifisch funktionalen Mechanismus beschreiben, durch den die Fülle der angebotenen Information jeweils optimal den nachgeschalteten Selektions- und Integrationsprozessen zugänglich gemacht werden kann. Hierbei handelt es sich wohl um Strategien/Mechanismen, die bei systematischer Abarbeitung/Anwendung die statistisch höchste "Erfolgswahrscheinlichkeit" aufweisen. Dies schließt "Maximaltreffer" in Einzelfällen nicht aus, doch sind diese zu sehr zufallsabhängig, als daß sich die Systeme organismischer Informationsverarbeitung ihrer systematisch bedienen würden. Daher kommt es in all diesen Maßgrößen (Fixationshäufigkeit; durchschnittliche Fixationsdauer; Fixationszeit; durchschnittliche Sakkadenlänge; dominante Sakkadenrichtung; räumliche und zeitliche Verteilung "globaler" visueller Aufmerksamkeit; etc.) nicht auf die einzelne Fixation und deren räumliche und zeitliche Dimensionen an, auch wenn eine einzelne "richtige" Fixation im (statistischen) Einzelfall den Problemlösungsprozeß (zufällig!) sehr beschleunigen kann.

Ein weiteres Beispiel für diese Auffassung kann wiederum eigenen Arbeiten zum visuomotorischen Informationsumsatz entnommen werden: In der schon erwähnten Studie von DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/BALSCHBACH/FEHRES (1983) ist die prädominante horizontale Blickrichtung letztlich der Basisindikator für ein schon vor der Informationsaufnahme vorhandenes kognitives Raster (definiert durch kulturspezifisch habitualisierte Leserichtung und Aufgabenstellung: Konstruktion eines Bewegungsablaufs aus Einzelbildern aufeinander folgender Körperpositionen), anhand dessen figurale Einzelpositionen zu einer bestimmten (auch anders vorstellbaren!) Abfolge sensomotorischer Operationen in einer entsprechenden räumlichen und zeitlichen Struktur integriert werden. Mit anderen Worten: das Blickverhalten schafft nicht diese Struktur, sondern es folgt ihr! Einzelne Vorlagencharakteristika oder Teilfigurationen sind dabei zunächst unerheblich; sie gewinnen erst dann an Bedeutung, wenn sie der Vp (hierzu ist aber Vorwissen über die Technik des Bewegungsablaufs notwendig!) einen offensichtlichen Widerspruch zu der angelegten kognitiven Integrationshypothese (z. B. "Bewegung verläuft von links nach rechts") signalisieren. Folgerichtig wird das von uns als Indikator für die Lernleistung errechnete Komplex-Merkmal des Blickverhaltens in diesem Fall definiert einerseits durch die Häufigkeit, mit der eine bestimmte Sakkadenrichtung auftritt, und andererseits durch die Konsistenz oder Regelhaftigkeit[)], mit der dies geschieht (also immer mehrere Sakkaden gleicher Richtung in Sukzession, bzw. mehrere Fixationen auf in dieser Blickrichtung angeordneten Teilelementen der Vorlage in Sukzession, um auch der Komponente der Detailidentifikation durch das Blickverhalten den nötigen Raum zu lassen). Dies sind aber wiederum visuelle Einzelkomponenten übergreifende Merkmale; die Orientierung auf einzelne Vorlagenkonfigurationen ist lediglich als Hilfsgröße für die Berechnung von "gerichteten" Fixations-"Wellen" zu werten. Dabei ist es zunächst unerheblich, ob sich eine "Welle" über zwei oder drei Konfigurationen (Einzelbilder) erstreckt, und auch, an welcher konkreten Konfigurationsabfolge derartige Fixationswellen erhoben werden. Man sollte daher hier mit dem Terminus "Blickpfad" vielleicht noch vorsichtiger umgehen als dies schon GRONER/WALDER/GRONER (1984) in ihrer Studie bezüglich intraindividueller lokaler "Blickpfade" tun.

[)] Unsicherheit über die Bewegungsrichtung und damit über die zeitliche Abfolge der Einzelkonfigurationen (Körperpositionen), aber auch das Erkennen einer Diskrepanz von habitueller "Lese"-Richtung und Anordnungsstruktur des Reihenbildes schlagen sich jeweils kurzfristig in "regellosem" Blickverhalten (keine erkennbare Sukzession von Sakkaden in einer Richtung) nieder.

Soweit also empirisch überhaupt leistungsrelevante Regelhaftigkeiten in der visuellen Informationsaufnahme beim Betrachten statischen Materials nachgewiesen werden konnten, handelt es sich durchweg um (sehr verschiedenartige) Definitionen komplexer Blickverhaltensmerkmale mit mehr oder weniger generalisiertem Stimulusbezug, denen in bezug auf höchst aufgabenspezifische kognitive Erwartungsstrukturen der Vpn eine besondere Funktionalität zugebilligt wird. Wenig haltbar erscheint demgegenüber die an das "feature-ring"-Konzept von STARK/ELLIS (1981) geknüpfte Verbindung von Foveations-Anforderung und zugehöriger Augenbewegung ("motor memory trace") als Kennzeichen und Voraussetzung präziser komplexer Merkmalserkennung; auch kann von einer Habituation so verstandener Blickpfade kaum gesprochen werden.

Ein letzter Gesichtspunkt soll in diesem Zusammenhang noch erwähnt werden, der auch für den experimentellen Teil dieser Arbeit ein grundsätzliches Problem darstellt, und der einmal mehr aus meßmethodischen Gründen zumindest für feldnahe Situationen komplexen visuellen Kontakts (sei es mit der Werbeanzeige, sei es mit dem Unterrichtsmedium) eine Orientierung auf "global measures" (stimulusseitig) und übergreifende, kumulative Blickverhaltensmerkmale (personseitig) nahelegt:

Meßtechnik und -algorithmus der Blickbewegungsregistrierung bestimmen nicht nur als gewissermaßen objektiv begrenzende Faktoren die Genauigkeit und Präzision der Messung von Augenbewegungen, sondern durch sie wird von vornherein definiert, was eine Fixation ist, wie lange sie dauert, und wo sie lokalisiert ist. Hier stehen konkurrierende Grundannahmen nebeneinander, und allein aufgrund alternativer meßtechnischer Entscheidungen ergeben sich oft völlig unterschiedliche Blickpfade. So hat beispielsweise die Wahl der "Fenstergröße" (fixation window; vgl. WIDDEL 1984, S. 24 ff.), einen unmittelbaren Einfluß auf die registrierte Blickdichte; bei einer sehr kleinen Fenstergröße ($0{,}5^{o}$ bzw. 1^{o}) und einer Mindestfixationsdauer von 200 msec werden (für eine Kennzeichnung differentieller kognitiver Strukturen möglicherweise irrelevante) Korrektursakkaden miterfaßt und damit insgesamt mehr Fixationen ermittelt, sowie z. T. unphysiologisch lange Sakkaden gemessen; bei einer Fenstergröße von 3^{o} dagegen werden insgesamt weniger Fixationen registriert, und es kann nicht immer ausreichend zwischen benachbarten Fixationen unterschieden werden. Betragen die Abstände der einzelnen Stimulusmerkmale weniger als 5^{o}, so führt nach WIDDEL eine Fenstergröße von 2^{o} zur besten Übereinstimmung mit den erwarteten Fixationshäufigkeiten; dieser Wert dürfte daher auch bei der Benut-

zung der oben (vgl. 2.3.4.3.) diskutierten sportdidaktischen Medien als Präsentationsmaterial angemessen sein. Zudem kommen nach WIDDEL bei kleinen Fenstergrößen interindividuelle Unterschiede deutlicher zum tragen. Die Fenstergröße sollte also jeweils in Abhängigkeit von Stimulusmaterial und Aufgabenstruktur gewählt werden, eine optimale Definition von allgemeiner Gültigkeit gibt es nicht.

Hier bietet auch eine Orientierung an reizphysiologischen Schwellen der Netzhautempfindlichkeit keinen sicheren Ausweg. Zwar wird i.d.R. davon ausgegangen, daß für eine sichere Detailerkennung ("Identifikation") ein Fixationsfenster von höchstens 2^{o} anzusetzen sei. Bei realitätsnahen Betrachtungszeiten realistischen, komplexen (Bild-)Materials von 5 sec und mehr zeigen Vpn bei dieser Fenstergröße gewöhnlich Fixationen auf allen Vorlagenbereichen, die von physikalischem Reizwert und semantischem Interesse sein können, ohne daß jedoch die während dieser Fixationen aufgenommene Information damit notwendigerweise hinreichend bzw. genau genug wäre, um sicheres Erkennen zu gestatten; andererseits sind Vpn in der Lage, auch dann richtige Entscheidungen mit gleicher Sicherheit zu treffen, wenn das zu erkennende Merkmal nicht innerhalb der kritischen 2^{o} fixiert wurde (vgl. FISHER/KARSH/BREITENBACH/BARNETTE 1983, S. 204 ff). Zumindest für die einzelnen Fixationen und ihre Bedeutung für die Detailidentifikation stellen die Autoren fest, daß "... when specific area limits are placed upon fixation locations even within the framework of recognized acuity ranges, little or no correspondence between their localization and picture recognition is evident, and therefore the meaningfulness of those fixations must be considerd as embellishments to the recognition and decision processes until additional data renders this conclusion untenable" (ebenda S. 207). Was bleibt, ist auch hier wiederum die Bedeutung gewisser kumulativer Effekte von Fixationshäufigkeit und -dauer als Funktion der verfügbaren Betrachtungszeit: Ist genügend Zeit vorhanden, bestimmte Bereiche des Stimulusmaterials mehrfach oder länger zu fixieren, wurden Rekognitions-Entscheidungen zunächst (ca. 2 sec Darbietungsdauer) genauer begründet, und bei weiterer Zunahme des kumulativen Ausmaßes visueller Zuwendung (ca. 5 sec Darbietungsdauer) dann auch quantitativ präziser (ebenda S. 199 ff).

Was schließlich die gemessenen Fixationsdauern angeht, so sind diese (außer von der angelegten "Fenstergröße") bei Cornea-Reflexverfahren immer zu einem nicht unbeträchtlichen Teil von anlagentechnischen Funktionsprozessen mitbestimmt, die es im Einzelfall oft unmöglich machen, zu entscheiden, ob eine Fixation vorliegt, oder ob diese nur durch elektronisches Rauschen während

einer Sakkade vorgetäuscht wird. Angesichts dieses systembedingten Hintergrundrauschens ist man gezwungen, sich an formalen Entscheidungsalgorithmen zu orientieren, um den Beginn von Fixationen festlegen zu können. Je nachdem, wie viele sukzessive Meßwerte[)] (z. B. 2, 4, 6 oder 8) herangezogen werden, um, bei gegebener Fenstergröße, den Beginn einer Fixation zu bestimmen[))], verändert sich die Mindestfixationsdauer (entsprechend 33, 67, 100 bzw. 133 msec). Zugleich verändern sich in dramatischer Weise (bei identischen Rohdaten!) aber auch die registrierten Fixationshäufigkeiten sowie die scan paths (vgl. KARSH/BREITENBACH 1983, S. 61ff). Vergleichsweise unempfindlich gegenüber der Variation des Fixations-Kriteriums ist lediglich die Fixationszeit, also die aufsummierte Dauer aller Einzelfixationen einer Vp; diese schwankt nach einer groben Abschätzung der von KARSH/BREITENBACH (1983) berichteten Daten um ca. 5 %, wenn sich die Mindestfixationsdauer in einem Bereich von 33 bis 100 msec. bewegt. Auch dürften Relationen von Fixationshäufigkeiten auf verschiedenen Vorlagenarealen oder zwischen verschiedenen Vpn einigermaßen unempfindlich gegenüber unterschiedlichen Meßalgorithmen sein. Bei den beiden zuletzt genannten Größen handelt es sich aber bereits wieder um die schon mehrfach apostrophierten "global measures" (stimulusseitig) und summativen Blickverhaltensmerkmale (personseitig).

Zumindest bei realitätsnahen, komplexen Aufgabenstellungen und entsprechendem Stimulusmaterial sind Ergebnisse von Blickverhaltensanalysen dieser Art also immer zu verstehen als ein Kompromiß zwischen meßtechnischem Artefakt und theoretisch begründetem Konstrukt. Sie eignen sich wenig zur Ermittlung von Aussagen z. B. zur Bedeutung "absoluter" Positionen bei syntaktisch dichten Darstellungen und Symbolisierungen von Bewegungsabläufen.

SHEBILSKE/FISHER (1983, S. 307 ff.) etwa schlagen vor, sich angesichts dieser Situation an klassischen summativen oder Durchschnittsmerkmalen des Blickverhaltens zu orientieren (z. B. Fixationsdauer, durchschnittliche Sakkadenlänge

---

[)] bei einem videotechnisch bedingten Meßtakt von 50 Hz (deutsche Norm) bzw. 60 Hz (US-amerikanische Norm)

[))] Im wesentlichen orientieren sich ensprechende Algorithmen am fortlaufend errechneten durchschnittlichen Koordinatenwert und dessen Bezug zum "window of resolution"; vgl. im einzelnen exemplarisch KARSH/BREITENBACH 1983, S. 55 ff.

und Häufigkeit von Regressionssakkaden u. ä. beim Textlesen)[]. HELLER (1983, S. 48) propagiert, in etwa entsprechend, für das Textlesen aufgrund verschiedener eigener Meßreihen eine minimale Fixationsdauer von 80 msec.

Man muß allerdings fragen, ob diese auf textlesespezifische Erfahrungen gegründeten Entscheidungen unbesehen auf Bildbetrachtungen bzw. auf die Verarbeitung von Bild-Text-Kombinationen übertragen werden dürfen. Dieses Problem wird im Zusammenhang mit den in dieser Arbeit zu treffenden meßmethodischen Entscheidungen nochmals in 4.4.1. aufgegriffen. Solange hierzu noch keine näheren Anhaltspunkte vorliegen, scheint es angeraten, einerseits bei der Erhebung der Rohdaten das (räumliche und zeitliche) Auflösungsvermögen der jeweils benutzten technischen Anlagen in einem vernünftigen Rahmen soweit wie möglich auszunützen (vgl. hierzu u. a. DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 12 ff., S. 16 ff., S. 19 ff., S. 25 ff.), andererseits aber inhaltliche Interpretationen in erster Linie auf solche (z. B. kumulative) Definitionen von Blickverhaltensmerkmalen zu stützen, die gegenüber den angedeuteten systematischen Fehlbewertungen vergleichsweise unempfindlich sind (z. B. die arealbezogene Fixationszeit oder Verhältniswerte von Fixationshäufigkeiten).

2.3.5. Nicht-visuelle Habituationseffekte

In den voraufgegangenen Kapiteln und Abschnitten ist wiederholt und unter verschiedenen Gesichtspunkten die bedeutende Rolle nicht-visueller Faktoren hervorgehoben worden, die die Informationsverarbeitung strukturieren und kanalisieren, und die dementsprechend auch in die Organisation der visuellen Informationsaufnahme eingreifen. Diese Faktoren sind hier pauschal einem Komplex kognitiver Verarbeitungsstrategien zugerechnet worden, der wiederum der Konzeption eines Kurzzeitspeichers (KZS) als sogenannten Arbeitsgedächtnisses subsumiert wurde (vgl. 2.2.5., 2.3.4.1., 2.3.4.2., 2.3.4.4.).

)Unter komplexer Berücksichtigung dieser Merkmale und augenphysiologischer Randdaten entscheiden sich SHEBILSKE/FISHER für eine Mindest-Fixationsdauer von 100 msec (Meßwertcluster von 6 aufeinander folgenden Werten zur Bestimmung des Fixationsbeginns), die einer Reihe bekannter und praktisch erprobter Leseparameter recht gut zu entsprechen scheint (ebenda S. 310 ff), obgleich sie bei einer cluster-Größe von nur 2 sukzessiven Meßwerten nahezu 25 % aller "Fixationen" unterhalb von 100 msec. annehmen müßten. Zudem scheint ihnen bei einer Mindestfixationsdauer von 34 msec keine ausreichend sichere Unterscheidung zwischen Fixationen und Sakkaden mehr möglich zu sein: "The program defines very short fixations in locations where the eyes are actually in the midst of saccades."

Die Notwendigkeit, im Rahmen dieser Arbeit einen methodischen Zugriff auch zu diesem Komplex von Einflußfaktoren zu gewinnen, wurde herausgearbeitet und in 2.3.4.3. formuliert. Offen blieb dabei noch, in welcher Differenziertheit dies geschehen könne. Dieser Gesichtspunkt soll daher im vorliegenden Abschnitt abschließend behandelt werden, ohne dabei jedoch die bisher aufgeführten Befunde und Überlegungen wesentlich zu ergänzen oder zu vertiefen, da dies vom thematischen Kern der Arbeit, der Bedeutung unterschiedlicher Darbietungsmodalitäten des Instruktionsmaterials für den sensomotorischen Lernprozeß, zu weit fortführen würde.

Wie aus den bisherigen Überlegungen schon deutlich geworden ist, hängen nichtvisuelle Habituationseffekte oft eng mit dem Versuch und dem (lernabhängigen) Vermögen zusammen, Regelhaftigkeiten im Informationsangebot (d. h. auch im Kontext bzw. in der Anordnungsstruktur) aufzufinden und auszunutzen (DE GROOT 1974, S. 113; WELTNER 1977, S. 79).

Zu denken ist hier etwa an verschiedenartige, kontext-bezogene visuelle Suchprozesse (BERTELSON 1961, 1963; PRINZ/RÜBENSTRUNK 1979, S. 206 ff.). Je nach der Beschaffenheit kognitiver Erwartungsstrukturen und entsprechender Gedächtnisrepräsentationen gewinnen danach Vorlagencharakteristika wie Kontextkomplexität, Ordnungsgrad, Regelhaftigkeiten in der Anordnungsstruktur und Unterscheidbarkeit von Kontext und zu akzentuierendem Wahrnehmungsgegenstand in jeweils spezifischer Weise beträchtliche Bedeutung für die Effizienz und Ökonomisierung derartiger Wahrnehmungsvorgänge. Sie bewirken eine "vorbewußte" Orientierung bzw. Aufmerksamkeitslenkung und führen im Zuge der Grobidentifizierung der Reizvorlage zu (sukzessiv spezifizierten) Erwartungshypothesen über die weiteren eintreffenden Reize. Auf deren Grundlage werden die in der anschließenden, durch gezielte Augenbewegungen systematisch erfolgenden Informationsaufnahme gewonnenen Eindrücke zu einem geschlossenen, konkreten Wahrnehmungseindruck vereint; oft beruht diese "endgültige" Wahrnehmung dabei auf z. T. erheblichen kognitiven "Extrapolationen". Dies ist eindrucksvoll von HABER (1978) am Beispiel der Redundanzausnutzung beim Textlesen erläutert (ebenda S. 47 ff , S. 52 ff) und auch auf die Bildwahrnehmung bezogen worden (ebenda S. 44, S. 54). Beherrschung und Ökonomisierung dieser Art von Redundanzausnutzung beeinflussen danach in erheblichem Maße konkrete scan paths und führen zu entwicklungs- und könnensabhängigen Differenzierungen im Blickmuster, denn diese Leistungen basieren ganz wesentlich auf aufgabenspezifischen

Erfahrungen und auf Wissen (GOULD 1976, S. 339; CARR/BACHARACH 1976; BERNHARD 1978, S. 36 ff. unter Bezug auf MCGINNIESS 1949)[).

Weitere, von Berufsfeld und Lebensumständen abhängige Strategien zur Informationsreduktion durch Redundanz- und Regelerzeugung (ATTNEAVE 1965; v. CUBE 1968) sind z. B. in bestimmten Mnemo-Techniken (etwa die Gruppierung gleicher bzw. gleichartiger Informationselemente; LEHRL/ERZIGKEIT/GALSTER 1977, S. 8 ff.; MELTON 1967, sowie WAGNER 1968, zit. b. LEHRL 1979, S. 6) zu sehen.

Weiter sind variable Unterbrechungsaktivitäten (etwa Pausensetzung bzw. -verlängerung bei steigender Informationsmenge; Lidschläge; Ins-Leere-Schauen; etc.) zu nennen (SÜLLWOLD 1964; BELMONT/BUTTERFIELD 1971, zit. b. LEHRL 1979, S. 4; HUSSY/SCHELLER 1976; JENSEN/FIGUEROA 1975). Diese dienen, wie die unterschiedlichen Mnemo-Techniken, der Umgruppierung bzw. Umorganisation von Daten und damit der Bildung von chunks (größeren Informationseinheiten; Superzeichen).

In diesem Zusammenhang sind schließlich auch nicht-visuelle Kodierungskomponenten artikulatorischer Natur zu nennen, die an der Gedächtniskontrolle zur Steuerung visueller Suchprozesse immer latent beteiligt sind (PRINZ 1978), die sicher in enger Beziehung zu Enkodierungsvorgängen bei der Bild-Text-Interaktion stehen (vgl. 2.2.2. und 2.2.3.).

Wie die schon in 2.2.5. und 2.3.4. wiederholt angesprochenen nicht-visuellen, kognitiven Einflußgrößen auf die Informationsaufnahme und -verarbeitung stellen auch die hier genannten Faktoren im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sowohl im Hinblick auf die Erwartung konsistenter Modalitätseffekte, als auch für die Orientierung von Analyse und Lernsteuerung auf habituelle Formen des Blickverhaltens ein erhebliches Störpotential dar: Sie sind im einzelnen nicht,

---

) So stellt auch HABER (1978, S. 51) fest: "... redundancy is a structural concept, referring to the relationship or predictability among the elements in the text, elements ranging from visual features to the thematic climax. Redundancy therefore resides within the text proper. However, particular readers know the rules that govern these predictabilities to a greater or lesser extent. Thus, how much available redundancy there is depends not only upon the structural redundancies available in the text, but upon the extent to which the reader can use the rules that produce these redundancies. The acquisition of this knowledge by the reader must be one of the important aspects...; (Hervorhebung von mir; K. B.)

zumindest nicht ohne differenzierte und breit angelegte Voruntersuchungen, vorab zu kalkulieren; sie erhöhen für beide Aspekte die interindividuelle Variabilität der Daten; sie erschweren eine Homogenisierung bzw. Parallelisierung von Versuchsgruppen bei der Zellenbesetzung mehrfaktorieller varianzanalytischer Versuchspläne. Eine experimentelle Analyse dieser Faktoren erfordert speziell zugeschnittene Designs und ist nicht zugleich im Rahmen dieser Arbeit zu leisten. Selbst eine hinreichende Identifizierung dieser Strategien im Blickverhalten allein erscheint bei der Vielzahl ihrer Erscheinungsformen ohne gezielte Induzierung kaum möglich, geschweige denn eine Abschätzung ihrer Wirkung. Soll der Bereich dieser Einflußfaktoren dennoch eine gewisse Berücksichtigung finden - und seine Bedeutung legt dies nahe - dann ist angesichts seiner Vielgestaltigkeit auch hier ein pauschaler Ansatz gefordert.

Die bisher erfolgte theoretische Argumentationslinie verweist hierfür auf das Konstrukt des Kurzzeitspeichers (vgl. 2.3.4.), dem ja auch schon im Hinblick auf solche kognitiven Einflußgrößen bei der Verarbeitung von bildlicher und sprachlicher Information ein bedeutender Stellenwert eingeräumt wurde, die sich nicht unmittelbar im Blickverhalten niederschlagen (müssen) (vgl. 2.2.5.).

Zusammengefaßt heißt dies: Die Kapazität des KZS stellt eine objektive Begrenzung der Fähigkeit zur Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung dar. Die Qualität integrativ-konstruktiver Lernvorgänge (chunking) und die Behaltensstabilität (rehearsal) hängen direkt u. a. von ihr ab. Eine besonders effektive chunk-Bildung bzw. Superierung findet ihren Ausdruck in der Erhöhung der Speicherkapazität des KZS und beeinflußt wesentlich die Geschwindigkeit der Informationsaufnahme, gestattet eine bessere Rekodierung bewußter Information (Generalisierung und Konzeptbildung!) und erleichtert somit das Abspeichern und Abrufen auch vorbewußter Gedächtnisinhalte (LEHRL/ERZIGKEIT 1976, S. 116; LEHRL 1979, S. 16).

Mit anderen Worten, alle jene verschiedenen Faktoren/Strategien zielen auf die Erweiterung dieser quasi-biologischen Grundgröße als des zentralen leistungslimitierenden Faktors. Nimmt man aber an, daß die interindividuell gegebenen Unterschiede in der KZS-Kapazität hierdurch, von Einzelfällen abgesehen, nicht vollständig kompensiert werden können, so wäre der direkte Zu-

griff zu dieser Grundgröße selber zu empfehlen; damit ließe sich zwar nicht die Art und Weise des KZS-basierten Informationsumsatzes greifen, wohl aber die Größenordnung dieser Leistung und deren interindividuell zu erwartende Unterschiede abschätzen, und man hätte so ein leistungsrelevantes Homogenisierungskriterium gewonnen. Diese Annahme ist dabei insofern berechtigt, als einerseits zumeist längerfristige und vor allem aufgabenspezifische Erfahrungen die Voraussetzung für die Ausbildung solcher kapazitätserweiternder Effektivierungsstrategien darstellen, und als andererseits deren Ausbildung in selbstsuchenden Lernprozessen (wenn man also dem Lerner die Anwendung solcher Strategien nicht explizit nahelegt) wiederum Vpn mit größerer KZS-Kapazität, wenn nötig, rascher und besser gelingt.

So berechtigen auch verschiedentlich beobachtete informationspsychologische Leistungsdifferenzen des primären (FRANK 1977, S. 62; LEHRL 1974, S. 95) und sekundären Gedächtnisses (WAGNER 1968) keineswegs zur Annahme intelligenzabhängiger Kapaziätsunterschiede (vgl. auch LEHRL/ERZIGKEIT 1976, S. 17). Bezogen auf die hier angesprochenen Phänomene besteht Intelligenz vielmehr darin, sich im o. g. Sinne erfahrungsabhängige Lernstrategien anzueignen und anzuwenden (vgl. LEHRL 1979, S. 9). Bei fehlender Außensteuerung sind auch hier wiederum Personen mit größerer KZS-Kapazität im Vorteil.

Die Erfassung der KZS-Kapazität erscheint also insgesamt geeignet, einerseits Personenstichproben zu homogenisieren und zu parallelisieren und andererseits interindividuelle Leistungsdifferenzen in der (visuo-motorischen) Informationsverarbeitung abzuschätzen, ohne sich dem Problem interindividuell sehr unterschiedlicher und ex post facto schwer aufweisbarer nicht-visueller Effektivierungsstrategien bei der Informationsaufnahme im einzelnen stellen zu müssen, und ohne zumeist gegenstandsferne Intelligenz-Konstrukte zu bemühen.

Die Bestimmung der funktionellen Kapazität der für die Informationsaufnahme und die unmittelbare Informationsverarbeitung wesentlichen Funktionseinheiten anhand der KZS-Kapazität (vgl. auch 2.3.4.3.) erscheint allerdings nur im Hinblick auf weitgehend altershomogenes Untersuchungsgut sinnvoll. Denn gerade die im vorliegenden Abschnitt (2.3.5.) angesprochenen kognitiven Strategien reflektieren je nach Ausbildung und Gebrauch z. T. deutliche Unterschiede in den kognitiven Entwicklungen von Kindern und Heranwachsenden, die mit einem derartig pauschalen Zugriff allein zur fluiden Intelligenz

nicht mehr angemessen in ihrer Bedeutung für den Informationsansatz erfaßt werden können. Hier wird eine Differenzierung des Versuchsplans nach grundsätzlichen entwicklungspsychologischen Gesichtspunkten zwingend, sofern, wie vorgeschlagen, auf eine detaillierte Erfassung solcher kognitiven Hilfsstrategien (Mnemo-Techniken; Problemlösungsstrategien; Denkstile) verzichtet werden soll. Entsprechende Überlegungen werden im folgenden Kapitel (2.4.) angestellt.

2.4. Zur Wechselwirkung von kognitiver Entwicklung und Lernmaterial bei visuomotorischen Lernprozessen

In den voraufgegangenen Kapiteln ist wiederholt die Notwendigkeit unterstrichen worden, Aussagen sowohl zur Lernwirksamkeit und Präferenz unterschiedlicher Informationsmodalitäten, als auch zur Ausbildung habitueller Blickmuster und ihrer Prädiktorfunktion unter dem Gesichtspunkt längerfristiger (altersabhängiger) Entwicklungsvorgänge relativieren zu müssen (vgl. 2.2.5., 2.3.4.1., 2.3.4.2. und 2.3.4.3.). Die dort vorgebrachten Argumente sollen hier im einzelnen nicht wiederholt werden; es wurde jedoch deutlich, daß neben einer reifungsbedingten Vergrößerung der KZS-Kapazität mit zunehmendem Lebensalter vor allem lern- und erfahrungsabhängige Umstrukturierungen in der Wahrnehmungsorganisation, in der Art der Denkoperationen, und in der spontanen Nutzung (intermodaler) Hilfsstrategien bei Enkodierung, Speicherung und Abruf von Information an Bedeutung gewinnen.

In Frage steht dabei, inwieweit die bekannten, zumeist an Erwachsenen erhobenen Befunde zur (behaltensfördernden) Interaktion bildlicher und sprachlicher Information und zur Ausnutzung habitueller Blickstrategien für eine dementsprechende Verarbeitung von Bildern und Texten auch auf Kinder übertragen werden können, und inwiefern für bestimmte Abschnitte in der (schul-) kindlichen Entwicklung mit anderen, spezifischen Strukturen und Organisationsprozessen des visuomotorischen Informationsumsatzes zu rechnen ist. Diese Frage ist umso bedeutsamer, als die Bemühungen zur unterrichtstechnologischen Lernsteuerung im Sport und deren Optimierung auch durch eine angemessene Medienvisualisation vorwiegend auf Adressaten im Schulkindalter gerichtet sind (vgl. 2.2.4.).

Nun kann es nicht Ziel dieser Arbeit sein, zugleich die entwicklungspsychologischen Ursachen und Hintergründe für solche differentiellen Effekte herauszuarbeiten und auch empirisch zu sichern. Wohl aber soll ein Ansatz gesucht werden, der geeignet ist, die Richtung solcher entwicklungsbedingten Unterschiede, wenn vorhanden, deutlich zu machen. Damit böte sich zumindest ein datenbasierter Anhaltspunkt für gezielte experimentelle Arbeiten zur Überprüfung von Annahmen über die Ursachen dieser Unterschiede.

2.4.1. Kognitiver Entwicklungsstand und differentielle Ausnutzung unterschiedlicher Informationskomponenten beim Bewegungslernen

Studien zu Entwicklungsaspekten des sensomotorischen Lernens und des Bewegungsgedächtnisses sind vergleichsweise rar. Untersuchungsgegenstand waren zumeist Unterschiede bei Positionierungsaufgaben, oder bei der Ausführung komplexer, aber dem Prinzip nach bekannter und "gekonnter" Bewegungsabläufe; komplexes Bewegungsneulernen ist m. W. unter diesem Gesichtspunkt bisher nicht untersucht worden.

Die wenigen einschlägigen Arbeiten zeigen jedoch, daß Entwicklungsunterschiede nicht allein auf eine altersgemäße Verbesserung i. e. S. "motorischer" Kontrollprozesse zurückzuführen sind, sondern daß hierzu vor allem Veränderungen der für die Informationsverarbeitung und für die Verbesserung der Gedächtnisleistung relevanten kognitiven Strukturen Entscheidendes beitragen (vgl. THOMAS 1980).

So fanden WILLIAMS/TEMPLE/BATEMAN (1978), daß zwischen "normal" und "langsam" lernenden Kindern zu beobachtende Leistungsunterschiede bei der Ausführung mehrteiliger großmotorischer Aufgaben (Ballprellen - Musterhüpfen - Fersenklopfen) auf Differenzen bei den aufgabenrelevanten sensorischen Analyseprozessen (Aufnahme und Verarbeitung der bildhaft und auditiv vorgegebenen Information) zurückzuführen sind; die "Langsamlerner" erscheinen hiernach trotz gleicher Grundintelligenz gegenüber "normalen" Kindern um ein bis zwei Jahre retardiert (ebenda S. 491). Hinsichtlich der "motorischen" Kontrolle und entsprechender Charakteristika in der Bewegungsausführung dagegen erbrachten beide Probandengruppen bei Altersgleichheit durchaus gleich-

wertige Leistungen. Erst bei den kombinierten feinmotorischen Anforderungen (schrauben - Stäbchen plazieren - Punkte markieren) zeigten die "langsamen" Lerner zusätzlich auch in ihren "motorischen" Kontrollprozessen Defizite gegenüber gleichaltrigen "normalen" Lernern.

Von besonderer Bedeutung erscheint in diesem Zusammenhang der Gebrauch semantischer Etikettierungen zur Kennzeichnung von Relationen aufgabenspezifischer Gegebenheiten. Derartige Etikettierungen verbessern zugleich die kognitive und die motorische (Erinnerungs-)Leistung. SHEA (1977) konnte zeigen, daß bedeutungsvolle verbale Etikettierungen vor allem bei längeren Behaltensintervallen die Erinnerung von Bewegungspositionen gegenüber nur kinästhetischer Informationen deutlich verbesserten. HO/SHEA (1978) konnten diesen Befund bestätigen. Die (verbale) Etikettierung verbessert hiernach vor allem freie Recall-Leistungen, nicht dagegen die einfacherere Wiedererkennens-Leistung; dabei steigt die Wirksamkeit der Etikettierungen mit ihrer Bedeutungshaltigkeit. Offensichtlich unterstützen sie den Aufbau einer differenzierteren semantischen Struktur im Gedächtnis, die vor allem immer dann wichtig wird, wenn die Probanden eigenständige (Re-)Konstruktionsleistungen erbringen müssen, ohne dabei auf externe cues zurückgreifen zu können (vgl. auch 2.2.2. und 2.2.3.). Solche Etikettierungen erleichtern zudem vor allem elaborative Rehearsal-Prozesse (vgl. 2.3.4.1. und 2.3.4.2.).

WINTHER/THOMAS (1981) konnten nun nachweisen, daß die Reproduktion von Raumkoordinaten in radialen Positionierungsaufgaben sich mit zunehmendem Lebensalter (Kindergarten, Fünftklässler, Erwachsene) signifikant verbessert, unabhängig davon, ob zusätzliche Etikettierungen benutzt werden oder nicht (ebenda S. 85). Innerhalb jeder Altersgruppe erbrachte darüber hinaus eine relevante (bedeutungsvolle, relationale) Etikettierung gegenüber einer subjektiven (durch die Probanden selbst generierten) bzw. einer irrelevanten (nicht in Relation zueinander und zur tatsächlichen Zielposition stehende Bildsymbole) Etikettierung einen zusätzlichen Erinnerungseffekt, der die Leistungen der jüngeren Probandengruppen jeweils auf das Niveau der (irrelevant oder subjektiv etikettierenden) nächstälteren Probandengruppe anhob (ebenda S. 86 f). Zudem zeigte sich, daß bei fehlender Orientierung Erwachsene von sich aus dazu neigen, zu etikettieren, nicht jedoch die (Kindergarten-) Kinder. Die Autoren fixieren den Beginn spontaner Etikettierungen zwischen dem fünften und zehnten Lebensjahr (ebenda S. 88).

Insgesamt zeigen diese Studien, daß erstens Kinder in stärkerem Maße von verbalen Etikettierungen, also von Doppelkodierungen (verbal und motorisch) der relevanten Information profitieren als Erwachsene, daß zweitens dieser Effekt geradezu an semantisch bedeutungshaltige Doppelkodierungen gebunden zu sein scheint, und daß drittens die Lern- und Behaltensleistung 10- bis 11jähriger Kinder durch technologisch induzierte Verarbeitungsstrategien dieser Art nahezu auf das Niveau Erwachsener angehoben werden kann, eine solche Strategieanwendung jedoch erst im Erwachsenenalter spontan erfolgt, also habituell ausgebildet ist. Diese Ergenisse entsprechen im übrigen den in 2.2. zur Bild- und Textenkodierung gemachten Ausführungen.

Ein grundlegender Entwicklungsaspekt scheint also in der zunehmenden und mehr und mehr systematisch erfolgenden Zentrierung der Informationsselektion auf die tatsächlich aufgabenrelevanten Stimulusmerkmale und deren "In-Beziehung-Setzen" zu bestehen (vgl. auch WILLIAMS/TEMPLE/BATEMAN 1978, S. 472 ff.) Dies verweist auf zunehmend abstraktere und formalere kognitive Operationen mit steigendem Lebensalter. Eine solche Verschiebung in der kognitiven Struktur von Adressaten dürfte nicht ohne Konsequenzen für das Ausmaß (visueller) Zuwendung zu Instruktionskomponenten mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad bzw. von unterschiedlicher Modalität (hier: Bild bzw. sprachlicher Text) bleiben; die in 2.2.2. zur Bild-Text-Interaktion gemachten Ausführungen und die in diesem Abschnitt skizzierten Befunde zur Relevanz eher abstrakt-relationaler Gedächtnishilfen für die Organisation und genaue Reproduktion von Bewegungsabläufen lassen vermuten, daß damit zugleich Auswirkungen auf die Ausbildung kognitiver Konzepte (Bewegungsneulernen) verbunden sind. Entsprechende Hinweise sollen im folgenden Abschnitt (2.4.2.) dargestellt werden.

2.4.2. Zum Verhältnis von kognitiver Komplexität und Modalitätspräferenz

Verschiedene Autoren sehen Entwicklungsvorgänge der in 2.4.1. beschriebenen Art in enger Beziehung zur altersentsprechenden Ausdifferenzierung der "kognitiven Komplexität".

Schon PIAGET (1948) stellt im Verlauf der intellektuellen Entwicklung des

Kindes zunächst eine Differenzierung zwischen anschaulich-konkreten und formalen (logisch-analytischen) Denkoperationen fest. Diese Differenzierung vollzieht sich etwa zwischen dem 11. und 13. Lebensjahr. Im weiteren Verlauf der Entwicklung bildet sich dann die Fähigkeit heraus, Denkstile zu koordinieren und optimal zu integrieren. So konnten STADLER/WINDHEUSER (1977, S. 347 ff.) in einer Untersuchung an 10-, 15- und 20jährigen Vpn belegen, daß insbesondere zwischen dem 10. und dem 15. Lebensjahr deutliche Leistungsverbesserungen (bezogen auf Lösungszeit und Fehleranzahl) für das (Wieder-)Auffinden geometrischer Figuren in komplexen Mustern zu veranschlagen sind. Dies gilt für die Induzierung sowohl einer "perzeptuell-anschaulichen", als auch einer "konzeptuell-analysierenden" Vorgehensweise, als auch für eine "freie", in erster Linie subjektbestimmte Lösungsstrategie. Die vor allem bei einer "offenen" Lösungsstrategie (auch noch zwischen den 15- und 20jährigen in wenn auch geringerem Maße zu verzeichnenden) Leistungsverbesserungen führen die Autoren vor allem auf eine mit zunehmendem Lebensalter immer besser und sinnvoller gelingende Integration anschaulichen und analytischen Denkstils zurück (ebenda S. 346 ff.).

Darüber hinaus zeigte sich in dieser Untersuchung, daß ein vorwiegend perzeptuell-anschauliches Vorgehen durchweg (signifikant) kürzere Lösungszeiten, ein vorwiegend konzeptuell-analytisches Vorgehen dagegen durchweg (signifikant) niedrigere Fehlerraten erbringt (ebenda S. 342, S. 344 ff.). Dieser Befund ist für die eigene Arbeit einerseits insofern interessant, als nach den in 2.2. und 2.2.1. getroffenen Feststellungen zur Enkodierungsspezifität von Bildern und Wörtern (Texten) und zu den damit korrespondierenden Begriffsbildungsprozessen vermutet werden darf, daß eine textbasierte Informationsverarbeitung in stärkerem Maße mit der Verwendung formaler, logisch-analytischer Denkoperationen einhergeht, während der Einsatz anschaulich-konkreter Denkoperationen eher mit einer Orientierung an der Bildkomponente bimodalen Präsentationsmaterials in Verbindung zu bringen wäre. Andererseits ist natürlich für das Bewegungsneulernen (sensomotorische Konzeptualisierung) die Vermeidung fehlerhafter Bewegungsvorstellungen von größerer Bedeutung als die Minimierung der Lernzeiten, da nachfolgende Korrekturprozesse sich grundsätzlich aufwendiger gestalten und oft störende Interferenzen aufgrund einmal fehlerhaft etablierter Konzeptualisierungen nicht zu beseitigen sind.

Hieraus und aus den Resultaten von 2.4.1. läßt sich schlußfolgern, daß gerade jüngere Vpn von einem Bild und Text kombinierenden Instruktionsmaterial

verglichen mit einer rein bildlichen Präsentation, durchaus profitieren müßten, da hierdurch der in dieser Altersstufe nicht spontan erfolgende Gebrauch formal-analytischer Denkoperationen und relationaler Begriffe materialseitig induziert wird. Dieser entwicklungspsychologische Aspekt ist durchaus komplementär zu den Ausführungen zur Modalitätsintegration zu sehen (vgl. 2.2., 2.2.1. sowie insbesondere 2.2.2. und 2.2.5.).

Daß Bild-Text-Kombinationen aus entwicklungspsychologischen Überlegungen heraus andererseits auch gegenüber einer rein sprachlichen Kodierung der Instruktion für Kinder vorteilhaft sein müßten, zeigt u.a. eine Arbeit von HUSSY/VON EYE/FUNKE (1979). Hiernach können 10jährige aufgrund ihrer weniger differenzierten epistemischen Struktur (hierarchisch geordnete Menge der individuellen Erfahrungen in systematischen Formen; vgl. auch HUSSY/SCHELLER 1978), die in Satz- und Wortlisten enthaltene Information weniger leicht reduzieren (d. h. Redundanz herstellen) und entsprechende Lerninhalte nicht so gut integrieren und abspeichern wie 15- bzw. 19jährige, für die Textmaterial von vornherein einen höheren Sinngehalt hat. Der Behaltensvorgang ist bei den jüngeren Vpn daher in erhöhtem Maße störanfällig (HUSSY/VON EYE/FUNKE 1979, S. 17, S. 20 ff., S. 26 ff.). Für die 10jährigen dürfte daher, so meine Vermutung, eine zusätzliche Bildkodierung der Lehrinformation nach den in 2.2. zusammengestellten Befunden den Sinngehalt erheblich steigern, und so einen gewissen Ausgleich schaffen. Die älteren Vpn bedienen sich demgegenüber spezifischer heuristischer Operatoren zur Redundanzerzeugung, so der Abstraktion bei Wortlisten und zusätzlich syntaktischer Rekonstruktionsprinzipien bei Satzlisten (ebenda S. 11, S. 17, S. 20 ff., S. 27). Hierdurch wird problemrelevante, aber in der (sprachlichen) Begriffs- und Textstruktur "gebundene" Information freigesetzt und somit für weitere Integrations-, Umstrukturierungs- und Superierungsvorgänge erst verfügbar.

Es zeigt sich zudem, daß die Ausbildung abstrakter, formaler Denkoperationen (hier insbesondere "Abstraktionsfähigkeit") gegenüber dem Operator "mechanische Speicherfähigkeit" (also wohl entsprechend die formale KZS-Kapazität) einen eigenständigen, additiven Einfluß auf die Behaltensleistung hat. Beide Faktoren zusammen erklären übrigens den weitaus größten Teil der Leistungsunterschiede zwischen den verschiedenen Altersstufen (ebenda S. 23). D. h. die Behaltensleistung variiert vor allem mit dem kog-

nitiven Entwicklungsstand; "Alter" ist lediglich eine Hilfsgröße zur Taxierung dieses Entwicklungsstandes, und für sich allein genommen eigentlich eine ungeeignete Variable zur Erklärung von diesbezüglichen Leistungsunterschieden.

Nicht zuletzt wegen der bei Probanden verschiedenen Lebensalters unterschiedlich ausgebildeten epistemischen und heuristischen Struktur lassen diese Ergebnisse aber auch vermuten, daß bei bimodalem Informationsangebot 10jährige von sich aus eher auf die Bildkomponente rekurrieren als Erwachsene (durch den kognitiven Entwicklungsstand bedingte Modalitätspräferenz!), und daß dementsprechend Aussagen zu Reihefolgeeffekten bei der Bild-Text-Integration (vgl. 2.2.3.) und insbesondere die Überlegungen zur Ausnutzung habitueller Blickstrategien (vgl. 2.3.1., 2.3.2. und 2.3.3.) für diese Altersgruppe nicht nur unter dem Gesichtspunkt formaler (reifungsbedingter) KZS-Kapazitätsunterschiede zu relativieren sind.

Wäre demnach für eine weitergehende Aufklärung der hier angedeuteten theoretischen Zusammenhänge eine differenzierte experimentelle Kontrolle des kognitiven Entwicklungsstandes vonnöten, so mag für die Zielstellung dieser Arbeit, nämlich die (theoretisch begründete) Abschätzung der Lernwirksamkeit realitätsnahen Instruktionsmaterials, das i. d. R. in altershomogenen Lerngruppen zur Anwendung kommt, eine Differenzierung der Probanden ihrem Lebensalter entsprechend genügen. Wesentlich für die Abgrenzung zu unterscheidender Altersgruppen im geplanten Experiment scheint dabei, daß HUSSY/VON EYE/FUNKE (1979) zwar einerseits eine durchgängige Ausdifferenzierung von epistemischer Struktur, Abstraktionsfähigkeit und mechanischer Speicherfähigkeit bis zum 19. Lebensjahr feststellen, daß aber andererseits die Entwicklung syntaktischer Rekonstruktionsprinzipien, die für die Behaltens- und Reproduktionsleistungen bei Sätzen von zusätzlicher Bedeutung sind, mit 15 Jahren bereits nahezu vollständig abgeschlossen ist (ebenda S. 29).

Ganz entsprechend zeigt auch eine Untersuchung von VON EYE/VON EYE/HUSSY (1980, S. 543 ff.) an insgesamt vier Altersgruppen (10 - 12 J.; 14 - 15 J.; 17 - 18 J.; älter), daß gravierende Unterschiede in der Einschätzung von Wörtern bezüglich der semantischen Dimensionen "Bedeutungshaltigkeit", "Konkretheit" und "Bildhaftigkeit" vor allem zwischen den unter 15jährigen und den über 17jährigen zu verzeichnen waren; 17 - 18jährige und ältere Vpn dagegen wiesen zumindest in den Dimensionen "Bedeutungshaltigkeit" und "Kon-

kretheit-Abstraktheit" zahlenmäßig nur noch geringe Differenzen auf (siehe auch ebenda S. 548).

Zusammen mit den Ergebnissen von STADLER/WINDHEUSER (1977) und den bekannten Befunden PIAGET's lassen diese Daten also erwarten, daß sich differenzielle Effekte in der Nutzung (Blickverhalten bzw. Ausmaß der Ausnutzung bimodaler Informationsangebote) und in der Behaltenswirksamkeit (Re-Konstruktion von Bewegungsabläufen anhand uni- versus bimodaler Präsentationsformen; vgl. auch 2.4.1.) von Bild- und Textinstruktionen vor allem zwischen unter 15jährigen einerseits und Erwachsenen andererseits zeigen. Mit dem Design der vorliegenden Untersuchung soll daher auf diese beiden Altersbereiche abgestellt werden. Da in der Altersgruppe der 15 - 18jährigen nach den referierten Befunden dennoch mit gewissen, wenn auch geringfügigen Veränderungen gerechnet werden muß, deren Effekt für die hier interessierende Aufgabe gegenüber den bei Erwachsenen zu erwartenden Ergebnissen aber vermutlich kaum nennenswert sein dürfte, soll dieser Altersbereich zunächst ausgespart bleiben. Außerdem wird aus rein versuchstechnischen Erwägungen aufgrund von Vorversuchen zu Blickbewegungsregistrierung eine Altersuntergrenze von 9 Jahren angesetzt. Sollten sich die bis hierher entwickelten Hypothesen im Experiment bestätigen und auch als unterrichtspraktisch bedeutsam erweisen, so wäre eine differenziertere Untersuchung des Entwicklungsprofils unter Berücksichtigung der jetzt ausgesparten Altersgruppen in Erwägung zu ziehen.

Eine neuere Untersuchung von SEEL/STRITTMATTER an 9- bis 10jährigen Grundschülern, 15- bis 16jährigen Realschülern und erwachsenen Studenten bestätigt ebenfalls diese Vorentscheidung: Die Probanden sollten sich anhand von Bildern resp. Texten geographisches Wissen und entsprechende räumliche Vorstellungen aneignen. Gefragt war nach der Anzahl und Richtigkeit von Beschreibungselementen. Es zeigte sich, daß die Grundschüler den Realschülern und Studenten sowohl im unmittelbaren Lernergebnis wie auch in einer späteren (ca. 2 Std.) Reproduktionsleistung signifikant unterlegen waren, während Realschüler und Studenten sich nicht mehr statistisch signifikant unterschieden (SEEL/STRITTMATTER 1984, S. 38, S. 40).

Die Autoren finden insgesamt, daß Grundschüler beim Input weniger distinktiv enkodieren und beim Abrufen stärker variieren als Jugendliche und Erwachsene, und daß die jüngeren Kinder im übrigen weniger kompetent seien, sich beim Abrufen an eine inkompatible Enkodierung der Informationen anzupassen (ebenda S. 42). Darüber hinaus stellen die Autoren eine deutliche Überlegen-

heit bimodaler Kodierungen (Bild und Text) gegenüber solchen Versuchsbedingungen heraus, in denen die Vpn unimodal kodiertes Material (Bild oder Text) vor dem Lern- bzw. Behaltenstest noch einmal in die jeweils andere Modalität umzukodieren hatten (ebenda S. 43). Dieses Teilergebnis entspricht daher meinen in 2.2. begründeten Erwartungen zur Lernwirksamkeit unterschiedlicher Informationsmodalitäten und zur tendenziellen Überlegenheit bimodaler gegenüber unimodalen Präsentationsformen.

Allerdings waren in der von SEEL/STRITTMATTER durchgeführten Untersuchung Erwachsene bei reiner Textdarbietung und der entsprechenden Reproduktion relevanter topographischer Informationen (Behaltenstest) im Textformat am erfolgreichsten (ebenda, S. 45). Die Autoren folgern daher, daß bei der Gegenüberstellung von Doppelkodierungstheorie (bimodale Kodierung) und Propositionstheorien grundsätzlich Entwicklungsaspekte einzubeziehen seien, wie dies bereit PIAGET getan habe; abhängig von der kognitiven Entwicklung und der Kompetenz zu adäquater Verarbeitung sprachlicher Informationen seien Texte unter gewissen Umständen geeignet, Bedeutungen in größerer Übereinstimmung mit der Präsentation zu konservieren als Bilder. Dieses Teilergebnis steht im Einklang mit den in diesem Abschnitt bereits genannten Befunden und fügt sich im übrigen gut in meine in 2.2.4. und eingangs 2.2.5. formulierten Überlegungen ein, wonach bei zunehmender Sinnhaftigkeit (dies ist hiernach auch ein Alterseffekt!) von Texten mit hohem imaginalen Gehalt deren Nachteile in der Behaltenswirksamkeit gegenüber bimodalem Präsentationsmaterial immer weniger ins Gewicht fallen dürften.

Die Bedeutung bimodaler Kodierungen insbesondere für Kinder und der mit zunehmendem Alter wachsende Stellenwert spontaner konzeptuell-analytischer, an die Sprachentwicklung geknüpfter Verarbeitungs- und Problemlösungsstrategien sind bereits hinlänglich deutlich geworden. Aber auch die Lern- und Behaltenswirksamkeit rein bildlicher Instruktionsformen darf nicht unabhängig von der kognitiven Entwicklung der Adressaten eingeschätzt werden. Daß auch das "Lesen von Bildern" gelernt werden muß, wurde bereits in 2.2.2. unterstrichen.

Nun verfügen aber bereits 3jährige Kinder über eine beträchtliche Kompetenz, einfache räumliche Beziehungen in Bildern zu erfassen, räumliche Tiefe aus der Überlappung von Gegenständen zu erschließen und die Form und Orientierung von Objekten anhand der Objektschatten (Schraffuren etc.) zu bestim-

men. Bereits 5jährige sind in der Lage, bei der Abbildung realer, bekannter Objekte den Einfluß der relativen Größenverhältnisse auf die Tiefenwahrnehmung zu verrechnen und Differenzen von eigener Betrachtungsperspektive und dem in der Bildperspektive angelegten Beobachterstandort zu kompensieren (vgl. die diesbezügliche Ergebnisübersicht bei HANNEMANN 1983, S. 52 ff.). Erst bei geringer Kontextintegration vergleichsweise unvertrauter Objekte zeigen sich Erwachsene 5- bis 7jährigen Kindern in der Bestimmung räumlicher Relationen überlegen. Auch macht die Identifikation bildlich dargestellter Objekte als solche, sofern diese in einer typischen Weise und Orientierung abgebildet sind, selbst jüngeren Kindern keine Schwierigkeiten.

Allerdings wird in den von HANNEMANN (1983) zusammengestellten entwicklungspsychologischen Studien auch deutlich, daß der bildliche Leseprozeß selbst bei realistischen Bildern nicht exakt mit der Objektwahrnehmung übereinstimmt (ebenda S. 55). Auch bei der Interpretation von Bildern wird also versucht, auf der Grundlage kognitiver Schemata, und unter Vernachlässigung visueller Details, bedeutungshaltige Aspekte zu extrahieren. Die realistische (resp. fotographische) Darstellung ist also keineswegs immer die beste. Fehlen zudem solche der bildlichen Darstellung kongruente Schemata, fällt es besonders unter-5jährigen Kindern schwer, in dergestalt "unbekannte" oder "ungewöhnlich organisierte" Bilder Bedeutung hineinzulesen (vgl. hierzu MANDLER/ ROBINSON 1978). Dieses Problem dürfte insbesondere bei solchen Lernaufgaben zu Buche schlagen, bei denen in der Tat noch unbekannte Sachverhalte (neu zu erlernende Bewegungsabläufe) in einer schematisch-bildlichen Form dargestellt sind.

In Frage steht also auch hier wiederum die Entwicklung und Ausdifferenzierung der semantischen Gedächtnisstruktur und ihrer Merkmalsattribuierungen; STRITTMATTER/SEEL (1984, S. 6) sprechen hier von Bedeutungsstrukturen, die als Resultat von Lernprozessen entwickelt werden, und die die Integration von Sachverhalts- und Ereignisstrukturen über die Zeit ermöglichen. Bedeutungsstrukturen werden als Bestandteil der kognitiven Struktur gesehen; diese bezeichnet die Gesamtheit der gedächtnismäßigen Repräsentationen (also sowohl deklaratives als auch prozedurales Wissen). Bedeutungsstrukturen entwickeln sich fortlaufend als "Produkte der Assimilation von Umwelt- oder Informationsstrukturen an bestehende mentale Repräsentationen, so daß eine Hierarchie kognitiver Strukturen als ein System miteinander verschachtelter semantischer Netzwerke resultiert, die ständige Erweiterungen, Verfeinerungen oder Reorganisation erlauben" (ebenda S. 7). Keine Wahrnehmung beruht

daher allein auf Sinnesgegebenheiten, sondern stets sind Deutungen durch bestehende kognitive Strukturen entsprechend deren jeweiligem Entwicklungsstand involviert. Kognitive Schemata[)], also mehr oder weniger ausdifferenzierte Teilsysteme in semantischen Netzwerken, die auf der Basis ständiger Erfahrungen typische Zusammenhänge von Realitätsbereichen repräsentieren, erschließen Leerstellen in solchen Bedeutungsstrukturen: D. h. einerseits beeinflussen sie aktiv und dynamisch die Informationsverarbeitung, andererseits führen sie auf der Basis der Vernetzung allgemeiner und generalisierbarer Bedeutungsstrukturen zu Inferenzen (Auffüllungen über das aktuelle Informationsangebot hinaus; ebenda S. 10 ff.).

Vorstellungsbilder kennzeichnen dabei den figurativen, bildhaften Aspekt der Schema-Bewahrung, und sind als modale Rekonstruktionen des Arbeits- bzw. Kurzzeitgedächtnisses zu verstehen. Sie werden allerdings determiniert durch die abstrahierten amodalen Dispositionen des Langzeitgedächtnisses, also durch die vorgenannten Assimilationsschemata oder Bedeutungsstrukturen. Mit STRITTMATTER/SEEL (1984, S. 15) gehe ich nun davon aus, daß die adäquate Verarbeitung filmischer oder bildlicher Information über Bewegungsabläufe ohne diese allgemeinen, assimilatorischen Schemata gar nicht möglich ist. Allein schon die sequenzielle, temporale Anordnung der einzelnen Informationselemente (z. B. einzelne Konfigurationen/Körperteilpositionen in Reihenbildern) macht es erforderlich, daß diese Elemente unter Anlegung assimilatorischer Schemata solange im KZS präsent gehalten werden, bis Verständnis erzeugt wird, d. h. bis entsprechende Superierungen und Etikettierungen zur dann folgenden Abspeicherung vorgenommen werden können. Sieht

---

[)] Grundlage des Schemabegriffs ist die Annahme, daß Informationen aus verschiedenen Kontexten im Gedächtnis zwar multipel repräsentiert werden (als Substrukturen semantischer Netze), aber wiederholt zusammen aktiviert werden und dann als Einheiten agieren (THORNDYKE/HAYES-ROTH 1979). Diese Vorstellung entspricht im Prinzip der von mir in Anlehnung an WOODY (1982) vorgeschlagenen Berücksichtigung distribuierender line-labeling-Prozesse in neuronalen Netzwerken und deren Zusammenschaltung aufgrund von Konditionierungsvorgängen. "Schemata sind danach Kollektionen von "Begriffsstrukturen" auf einer höheren Abstraktionsebene. Wo immer Informationen in Termen eines Schemas präsentiert werden, aktiviert das Schema u. U. eine Vielzahl grundlegender semantischer Substrukturen, die zusammen den Kontext der Informationsverarbeitung konstituieren" (STRITTMATTER/SEEL 1984, S. 9).

man nun wie PIAGET[)] die Entwicklung der Denkfähigkeit gerade in der zunehmenden Loslösung von bildhaften Vorstellungen, also als Abstraktionsprozeß, der gerade auf der Ausbildung von kognitiven Schemata als Systemen von Klassifikationen und Beziehungsbildungen beruht (vgl. auch KLIX!), so ist zu erwarten, daß sich 9- bis 14jährige Kinder Erwachsenen gegenüber nicht nur bei einer Textinstruktion, sondern ebenso bei einer rein bildlichen Instruktion in der Ausbildung einer komplexen Bewegungsvorstellung deutlich unterlegen zeigen. Weiter ist, auch nach den weiter oben getroffenen Ausführungen, anzunehmen, daß der Vorteil eines bimodalen Kodierungsformats gegenüber unimodalem Instruktionsmaterial bei Erwachsenen aufgrund der dort wesentlich weiter vorangeschrittenen Entwicklung kognitiver Strukturen (Schemata, Denkstile, epistemischer Strukturen) erheblich weniger ins Gewicht fällt als bei Kindern.

Es wäre zweifellos eine reizvolle und wichtige Aufgabe, Art und Entwicklung solcher Schemabildungen näher zu untersuchen, wie sie bei sensomoto-

---

[)] PIAGET's Grundannahme besteht darin, daß die kognitive Entwicklung alterskorreliert (!) über verschiedene Zwischenstufen von eher akkomodativen Reaktionen auf Umweltereignisse (z. B. Wahrnehmung, Nachahmung, Vorstellungsbilder) zu eher assimilativen Aktivitäten und Operationen (z. B. Zusammenfügen, Integrieren, Transformieren) voranschreitet; Ziel und Zweck kognitiver Entwicklung ist das Zustandekommen logischer Operationen. Entscheidend ist hierfür nicht so sehr die Verinnerlichung spezifischer vorgegebener Inhalte ("Internalisierung"), sondern vielmehr die operative Konstruktion abstrahierter, begrifflicher Formen ("Interiorisierung", "Begriffsbildung"). Kognitive "Schemata" sind demzufolge immer dadurch gekennzeichnet, daß sie Verallgemeinerungen und Schlußfolgerungen enthalten, die über einzelne Erfahrungen und konkrte Inhalte hinausgehen, um letztlich logische Operationen zu stabilisieren. Für PIAGET stellen Schemata also das Produkt der Interiorisierung dar und determinieren das Format der Informationsverarbeitung und Wissensspeicherung (vgl. auch NEISSER 1976). Auch HAGEN/JONGWARD/KAIL (1975) belegen einen entsprechenden entwicklungspsychologisch begründeten Wechsel von einer vorwiegend auf akustischen Eigenschaften (Verinnerlichung von Wahrnehmungsmerkmalen) zu einer auf semantischen Merkmalen (Begriffsbildung; vgl. KLIX; KLIMESCH) beruhenden Enkodierung von Worten: Jüngere Kinder neigen hiernach im Wiedererkennenstest dazu, eher akustisch als semantisch mit dem Präsentationsmaterial verwandte Wörter irrtümlich als "richtig" wiederzuerkennen, wo hingegen die Fehlertendenz für ältere Kinder umgekehrt ist, und PARIS/LINDAUER (1976) konnten zeigen, daß ältere Kinder (11jährige) im Unterschied zu jüngeren (7- bis 9jährige) während der Enkodierung von Sätzen lediglich implizit enthaltene Informationen auch tatsächlich generierten, diese zusätzlichen Relationen in die Gedächtnisrepräsentation integrierten und sie anschließend ausnutzten, um die vollständige Satzbedeutung zu erschließen. Im Verlauf der Entwicklung neigen Kinder also immer mehr dazu, konstruktive Verarbeitungen wie Schlußfolgerungen und Elaborationen selber zu generieren, wodurch sich ihre Reproduktionsleistungen verbessern.

rischen Konzeptualisierungsvorgängen eine Rolle spielen. Dies kann im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden. Hierzu sind eigenständige methodologische Ansätze und die Entwicklung entsprechender Diagnose- und Erfassungsinstrumente erforderlich. Vielversprechende Vorarbeitungen dazu sind u. a. in den bereits zitierten Beiträgen von A. C. ZIMMER, aber auch von LEIST enthalten (vgl. auch 2.1.2.2.1. und 2.1.2.3.5.). Für die vorliegende Arbeit können die in diesem Abschnitt (2.4.2.) gegebenen Hinweise als Begründungshorizont für den differentialpsychologischen Ansatz generell und für die oben vorgenommene Konkretisierung der erwarteten altersspezifischen Leistungsunterschiede genügen. Da zudem als Hauptursache für die mit dem Alter zunehmende Verwendung von Gedächtnisstrategien und formal-begrifflichen Elaborations- und Rekonstruktionsprozessen, neben der Ausbildung eines "Metagedächtnisses" als dem individuellen Bewußtsein von Begrenztheit und Funktionsweise des Gedächtnisses (vgl. RITTER 1975; FLAVELL/WELLMANN 1977), wohl vor allem die Beschulung in industrialisierten Gesellschaften gelten kann (vgl. COLE/SCRIBNER 1977; WAGNER 1978), wird auch eine jahrgangsmäßige Differenzierung der Kinder-Stichprobe für die vorliegende Untersuchung als hinreichend erachtet (siehe auch KAIL 1978).

2.4.3. Zum Stellenwert von Intelligenzmaßen im Rahmen der vorliegenden Untersuchung

Im Zusammenhang mit der Diskussion zur Beziehung von kognitiver Komplexität und Modalitätseffekten stellt sich für manchen Leser die Frage nach der Bedeutung von Intelligenzunterschieden für den visuomotorischen Informationsumsatz. In der Tat sind Beziehungen zwischen Intelligenzniveau und sensomotorischen Lern- und Verhaltensparametern wiederholt konstatiert worden (vgl. exemplarisch EGGERT/SCHUCK 1975; BLISCHKE/DAUGS 1976; BÖS/MECHLING 1978, 1983). Dieser Aspekt sollte daher zumindest unter dem Gesichtspunkt der Homogenisierung und Parallelisierung von Versuchsgruppen seine Berücksichtigung finden.

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, daß den in diesem Bereich beobachteten Zusammenhängen von "Intelligenz" und "Motorik" in der Regel distinkte Unterschiede im Erwerb und in der Anwendung von Memorations-, Problemlösungs- und vor allem von Bewertungsstrategien zugrunde liegen (zur diesbezüglichen Diskussion vgl. BLISCHKE 1979). Damit sind nun genau jene im vori-

gen Abschnitt (2.4.2.) angesprochenen kognitiven Leistungen gemeint, die aus den dort angegebenen Gründen zunächst nicht direkt, sondern mit einem altersdifferenzierten Untersuchungsdesign kontrolliert werden sollen. Dabei steht der Entwicklungsaspekt im Vordergrund.

Natürlich finden sich auch interindividuelle Differenzen in der Ausprägung dieser Strategie-Profile innerhalb eines bestimmten Entwicklungsniveaus. Im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des allgemeinen Intelligenzniveaus werden solche Leistungskomponenten z. T. der "kristallisierten Intelligenz" subsumiert als der Fähigkeit, Probleme mit Rückgriff auf bereits gespeicherte Erfahrungen und Gelerntes zu lösen (vgl. CATTELL 1963). Da es sich bei entsprechenden Tests aber immer um die Abfrage konkreten Wissens aus dem interessierenden Leistungsbereich handelt (exemplarisch sind Mehrfachwahlwortschatz-Intelligenztests; vgl. LEHRL 1977), geraten solche Ansätze, übertragen auf den Gegenstandsbereich meiner Untersuchung, in unmittelbare Nähe der Bestimmung des (sensomotorischen) Könnensniveaus. Abgesehen von wenigen Rahmenvorgaben zur Vpn-Rekrutierung soll dieser Aspekt jedoch, wie schon in 2.3.4.3. begründet, ausgespart bleiben; infrage steht daher die Bestimmung der psychischen Potenzen zur Lösung einer für alle Vpn gleichermaßen unbekannten Aufgabe. Hiermit treten aber gegenüber der "kristallisierten Intelligenz" nun deutlich Faktoren "fluider Intelligenz" in den Vordergrund als der vorwiegend biologisch angelegten und beeinflußbaren, erfahrungsunabhängigen Kapazität zur Lösung rationaler Probleme (LEHRL/GALLWITZ/BLAHA 1980, S. 11).

Zudem unterliegen solche Testverfahren für kristallisierte Intelligenz bzw. für Intelligenzspuren immer differenzierenden Einflüssen des Milieus auf das Wissen (vgl. LEHRL/GALLWITZ/BLAHA 1980, S. 14; aber auch EGGERT/SCHUCK 1975), ohne daß damit die für neue bzw. motivationsgerechte Aufgabenstellungen und entsprechende Informationsverarbeitungsprozesse tatsächlich gegebenen potentiellen Leistungsunterschiede adäquat abgebildet würden. Größere Schwankungen in der Voraussagesicherheit aufgrund von in solchen Test nicht erfaßten, bestimmte Defizite kompensierenden Strategien und Wissensbeständen sind die Folge. Diese Verfahren also bei milieu-heterogenen oder ihrem (entwicklungs- bzw. beschulungsbedingten) Erfahrungshorizont nach inhomogenen Stichproben als generelle Indikatoren der ursprünglichen Intelligenz heranzuziehen (so PRIESTER 1964 bezüglich des HAWIE), muß problematisch bleiben

(vgl. hierzu BLISCHKE 1979, S. 372). Kann man nicht die problemlösungsrelevanten, generalisierten kognitiven Lösungsstrategien direkt und vor allem aufgabenspezifisch greifen, sollte man sich nicht auf die mittelbare Prädiktorfunktion solcher "globalen" Intelligenztests zurückziehen, sondern ein unmittelbar aufgabenspezifisches, externes Leistungskriterium konstruieren (hier: die feldnahe sensomotorische Lernaufgabe).

Dieser Vorbehalt kann jedoch gegenüber einer Berücksichtigung der schon angesprochenen "fluiden Intelligenz" nicht verfangen. Nach dem von CATTELL vertretenen Konzept befähigt die fluide Intelligenz den Menschen, sich in einer neuen Umwelt zu orientieren, aber auch, Erfahrungen neu auszubilden und darauf zurückzugreifen. Entsprechende Verfahren (z. B. der Figure Reasoning Test von DANIELS 1971, oder der Kurztest für Allgemeine Intelligenz von LEHRL/GALLWITZ/BLAHA 1980) geben zwar auch keinen Hinweis auf die in 2.3.5. und in 2.4.2. angesprochenen, informationsverarbeitungsrelevanten kognitiven Strategien selber; neben der entwicklungsspezifischen Altersdifferenzierung sollen im Rahmen der vorliegenden Arbeit zumindest für den Bereich der Informationsaufnahme insbesondere die in 2.3.4. angesprochenen Komponenten des Blickverhaltens ("global measures") hierzu einen ersten, unmittelbaren Zugang eröffnen (vgl. vor allem 2.3.4.1., 2.3.4.2. und 2.3.4.4.). Diese Tests sind jedoch gut geeignet, die von einzelnen materialen Erfahrungen weitestgehend unabhängige (und im Erwachsenenalter über Jahre hinweg konstante), aktuell verfügbare Kapazität zur bewußten Informationsaufnahme, zur unmittelbaren Behaltensleistung, und damit zur (wie auch immer aufgaben- oder problemlösungsrelevanten) Organisation der aufgenommenen Information in der Spanne bewußter Gegenwärtigung zu erfassen. Damit ist ein wesentliches Anforderungscharakteristikum in der Struktur schulüblicher sportmotorischer Lernprozesse gegriffen (kurzfristige, komplexe (visuelle und auditive) Informationsaufnahme, nach kurzem Behaltensintervall erfolgende Reproduktion als Bewegungsrealisierung).

Da der enge Zusammenhang sowohl von modalitätsspezifischen Enkodierungsvorgängen (2.2.5.), als auch von Organisationstendenzen des Blickverhaltens (2.3.3. und 2.3.4.), als auch von kognitiven Verarbeitungsstrategien (2.2.5., 2.3.5., 2.4.1. und 2.4.2.) mit dem Konstrukt des Kurzzeitgedächtnisses bereits als durchgängig relevant herausgearbeitet worden ist, soll in der vorliegenden Untersuchung ein Verfahren herangezogen werden, daß vorrangig auf diesen Funktionsbereich kognitiver Leistungsfähigkeit abstellt. Ein solcher

Test kann damit zugleich als ein gegenüber Milieueffekten unempfindliches Homogenisierungs- bzw. Parallelisierungskriterium der Vpn hinsichtlich ihrer "Intelligenz" herangezogen werden (vgl. auch 2.2.5.).

Zusammengefaßt heißt dies: Gängige Intelligenzmaße werden als ungeeignet betrachtet, die oben diskutierten kognitiven Strategien zur Ökonomisierung der Informationsaufnahme und -verarbeitung (Schemabildung!) und deren entwicklungsbedingten Veränderungen (vgl. PIAGET!) angemessen abzubilden. Solange diesbezügliche direkte Erfassungsmethoden fehlen, muß man sich mit theoretisch begründeten differentiellen Versuchsdesigns behelfen. Ebenfalls erscheint es angesichts der relativ spezifischen Leistungsanforderung einer isolierten sensomotorischen Lernaufgabe und der völligen Abwesenheit individualdiagnostischer Fragestellungen in der vorliegenden Arbeit nicht sinnvoll, für die Parallelisierung von Versuchsgruppen und für die Abschätzung noch bestehender interindividueller Leistungsunterschiede innerhalb dieser Gruppen Verfahren zur Bestimmung der kristallisierten Intelligenz heranzuziehen. Demgegenüber bietet es sich an, für diese Zwecke auf Verfahren zur Erfassung der fluiden Intelligenz mit engem Bezug zum Konstrukt des KZS zurückzugreifen.

2.4.4. Zur Konsolidierung der visuellen Informationsaufnahme im Zuge kognitiver Entwicklung

Die Überlegungen zum Verhältnis von kognitiver Komplexität und Modalitätseffekten (2.4.2.) legen es nahe, auch nach Befunden zu entwicklungsbedingten Einflüssen auf das Blickverhalten zu suchen, die als Indikatoren für die Ausbildung/Veränderung spezifischer, kognitiv gesteuerter Strategien der Informationsaufnahme betrachtet werden könnten.

In der Tat gibt es Hinweise auf alterskorrelierte Veränderungen im Blickverhalten, die im Zusammenhang mit kognitiven Entwicklungsprozessen bei Kindern zu sehen sind. Anhand einer Durchsicht einschlägiger Arbeiten zur Entwicklung systematischen Betrachtens und Suchens kommt VERNON (1974, S. 86 ff.) u. a. in Anlehnung an PIAGET (1961) zu dem Ergebnis, daß Kinder mit zunehmendem Alter systematischer und genauer betrachten: Während bei

5- bis 6jährigen die Augen umherwandern, manchmal neben die dargebotenen Figuren blicken und nicht selten über längere Zeit hinweg einen Punkt fixieren oder um ihn herum oszillieren, fixieren Erwachsene wichtige Punkte genau und gerade lange genug, um alles Notwendige wahrzunehmen und gehen dann zum nächsten inhaltsträchtigen Punkt über. Beim Vergleich verschiedener Figur-Teile bewegen sie die Augen systematisch hin und her. Kinder dagegen bleiben mit dem Blick oft an Figur-Teilen hängen, die durch Größe, Kontrast o. ä. besonders hervorstechen. Die Genauigkeit der Zuordnung einander ähnlicher Silhouetten oder der Benennung räumlich ungeordnet dargebotener Gegenstände nimmt hiernach ebenfalls bis etwa zum 6. Lebensjahr zu. Auch verbessert sich die systematische Betrachtungsweise von in regelmäßigen Reihen angeordneten Bildern bis etwa zum 7. Lebensjahr. Eine regelmäßig-systematische Betrachtungsweise von links nach rechts läßt sich jedoch, so VERNON, erst bei 5- bis 6jährigen ansatzweise feststellen; auch VERNON zieht hier den Schluß auf Einflüsse der Lesesozialisierung mit Schuleintritt.

Zu in etwa vergleichbaren Ergebnissen kommen auch MACKWORTH/BRUNER (1970, S. 162 ff. sowie 172 ff.) in einer Untersuchung zum differentiellen Behalten von 6jährigen Kindern (N = 10) und College-Studenten (N = 10) bei Bildbetrachtung und -erkennung (Präsentationsdauer = 10 sec). Kinder zeigen durchschnittlich um 30 % kürzere Blickpfade als Erwachsene, zentrieren ihre Aufmerksamkeit auf Details, zeigen darin jedoch größere intraindividuelle Inkonsistenz und erhebliche interindividuelle Unterschiede ganz im Gegensatz zu Erwachsenen, für die sich, anders als bei 6jährigen, Gruppen-Durchschnitts-Blickmuster bezüglich der Bereiche hauptsächlicher Konzentration visueller Aufmerksamkeit angeben lassen (Im Gegensatz zu Erwachsenen keine Ausnutzung der im Material enthaltenen Redundanz durch Kinder !). Kinder diesen Alters sind also weit weniger als Erwachsene in der Lage, Details zentral (foveal) zu fixieren und zugleich das periphere Blickfeld nach Merkmalen (stimuli) abzuchecken, die sich sinnvollerweise für eine nähere Inspektion anbieten würden. Entsprechend zeigten Kinder auch doppelt so viele sehr kurze Sakkaden ($\leq 1^{o}$; ebenda S. 162). Andererseits wiesen Kinder bei unscharfen Bildern in den ersten beiden sec der Bildbetrachtung doppelt so viele große Blicksprünge ($\geq 6^{o}$; d. h. das später fixierte Merkmal lag mit Sicherheit außerhalb des Fixationsbereichs der voraufgegangenen Fixation) wie Erwachsene. Die Autoren folgern daraus (ebenda S. 159, S. 173), daß Kinder ein anderes, wahrscheinlich weniger effizientes und weniger erinnerungsgeleitetes visuelles Orientierungsverhalten zur Generierung eines ersten inhaltlichen Ein-

drucks und zur Identifikation dementsprechend informationsrelevanter Vorlagenbereiche anwenden als Erwachsene. Mit fortschreitender Betrachtungsdauer jedoch verstärkten Erwachsene bei zuvor noch nicht gezeigtem Material (unter allen Präsentationsbedingungen) großräumige Blickwechsel zwischen den verschiedenen informationsrelevanten Vorlagenbereichen, um, so die Autoren, kognitive Beziehungen zwischen diesen weit voneinander entfernten visuellen Details herzustellen; die Kinder dagegen zeigten eine signifikant geringer ausgeprägte Tendenz, informationsrelevante Bereiche auch bei scharfen Präsentationen in dieser Weise visuell zueinander in Beziehung zu setzen. Diese schon betonte Detailverhaftetheit der 6jährigen zeigte sich auch darin, daß Kontureffekte (Fixationen an oder auf scharfen Kanten, Kontrastunterschieden, Flächen von hoher Leuchtstärke etc.) nur für Kinder, nicht aber für Erwachsene zu berichten waren (ebenda S. 163).

Neben diesen an (räumlichen) Blickmustern und Sakkadenlängen festgemachten Beobachtungen wiesen aber auch die durchschnittlichen Fixationsdauern alterstypische Unterschiede auf: Kinder haben i. d. R. etwas längere (und damit pro Zeiteinheit zugleich weniger) Fixationen als Erwachsene; außerdem steigt zwar in beiden Altersgruppen die durchschnittliche Fixationsdauer, wenn die Vpn versuchen, aus unbekanntem bzw. unscharfem Präsentationsmaterial Bedeutung zu extrahieren, aber auch dieser Effekt ist bei Erwachsenen stärker ausgeprägt als bei Kindern (ebenda S. 173). Diese Ergebnisse stützen im übrigen meine in 2.3.4.2. bereits theoretisch aus dem Zusammenhang von Funktionsprozessen des Kurzzeitsgedächtnisses und Blickverhalten abgeleiteten Erwartungen zur Abhängigkeit der betreffenden Blickverhaltenskomponenten von person- und prozeßspezifischen Einflußfaktoren. Auch meine Einschätzung bezüglich einer möglicherweise alterspezifisch überformten Modalitätspräferenz (Durchschlagen einer Bildpräferenz gegenüber habituellen Anordnungsstruktureffekten mit sinkendem Lernalter; vgl. 2.2.5.) findet insofern eine gewisse Bestätigung, als MACKWORTH/BRUNER (1970) wesentlich größere Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen in der Fixationsdauer (resp. Fixationshäufigkeit pro Zeiteinheit) beim Textlesen als bei der Bildbetrachtung feststellen (ebenda S. 170 ff.); d. h. im Vergleich zu Erwachsenen macht den Kindern dieser Altersgruppe das Textlesen erheblich mehr Schwierigkeiten als die Bildverarbeitung: "...children are smarter with pictures than words, whereas adults are smarter with words than pictures".

Was schließlich das Ausmaß visueller Zuwendung zu bestimmten Vorlagenarealen angeht, stellen die Autoren einerseits eine generelle Bevorzugung informationsrelevanter Teilbereiche fest. Auch hierin zeigen sich jedoch die Erwachsenen den Kindern deutlich überlegen, selbst dann, wenn man die insgesamt niedrigere Fixationsrate der 6jährigen in Rechnung stellt (ebenda S. 154 ff., S. 162).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß offensichtlich die für die Bedeutungszuweisung und -extraktion aus visuell dargebotenem Material relevanten kognitiven Strukturen (semantische Netzwerke bzw. Begriffsstrukturen und Merkmalsklassifizierungen) bei Kindern weniger und weitaus uneinheitlicher entwickelt sind als bei Erwachsenen. Die Bedeutungsextraktion als solche ist auch im einzelnen für Kinder aufwendiger (kürzere Sakkaden, d. h. höhere arealbezogene Blickdichte bei Detailidentifikation als Erwachsene). Visuelle Suchstrategien scheinen bei 6jährigen daher noch wenig effizient und stärker zufallsgeleitet[)]; das Blickverhalten zielt mehr auf Einzelaspekte als auf eine systematische Erschließung des Gesamtzusammenhangs der Vorlageninformation. Auch MACKWORTH/BRUNER assoziieren diesen "lack of coordination between analysis and synthesis" bei Kindern mit dem von PIAGET entwickelten Konzept kognitiver Schema-Entwicklung (ebenda S. 164). Die Autoren betonen zudem die Rolle der altersabhängigen Ausbildung einer Fähigkeit zur simultanen Verrechnung zentraler (fovealer) und peripherer Informationsaufnahme und der Koordination beider Prozesse in einem einheitlichen "Programm" zur Blicksteuerung.

Welche Konsequenzen ergeben sich hieraus für die vorliegende Arbeit? Zunächst einmal ist deutlich geworden, daß ein für die das Blickverhalten steuernden Mechanismen spezifischer, genereller Alterseffekt auch (und gerade) bei der Orientierung an globalen, übergreifenden Merkmalen des Blickverhaltens zu erwarten ist. Dieser Effekt ist dabei in enger Beziehung zu den bereits in 2.3.4.2. und 2.3.4.3. skizzierten Einflüssen kognitiver Informationsverarbeitungsmechanismen auf die visuelle Informationsaufnahme und deren (alterskorrelierte) Entwicklung und Optimierung in ihrer Bedeutung für

---

[)] Dies dokumentiert sich auch in einem "vorschnellen" Entscheidungsverhalten bei jüngeren Kindern, die im Vergleich zu älteren nicht genug visuelle Eigenschaften/Merkmale einbeziehen, um zu einer hinreichenden Entscheidungsgrundlage zu gelangen (VURPILLOT 1968).

prozeßuale Veränderungen des Blickverhaltens und für Verschiebungen im modalitätsspezifischen Zuwendungsausmaß zu sehen. Wichtig ist weiterhin, daß sich diese Befunde mitsamt ihrer Begründung direkt den in 2.4.2. zusammengestellten Überlegungen und experimentell gestützten Modellvorstellungen zur Entwicklung kognitiver Komplexität und entsprechender Modalitätseffekte einfügen, die mit zunehmendem Alter eine Präferenzverschiebung weg von der Bild- und hin zur Textkomponente erwarten lassen. Auch korrespondieren die hier vorgestellten Daten und ihre Interpretation den schon in 2.2.5. resümierten Hinweisen auf eine verstärkte Bildpräferenz mit sinkendem Lernalter aufgrund von Unterschieden in der Enkodierungsspezifität und Begriffszuordnung bei ikonischer und sprachlich-symbolischer Kodierung. Es erscheint also durchaus lohnend, nicht nur auf altersspezifische Effekte in der Lernwirksamkeit unterschiedlicher Kodierungsformen, sondern auch hinsichtlich der Struktur des Blickverhaltens abzustellen.

Allerdings bleiben auch hier noch wesentliche Fragen unbeantwortet:
So liegen einerseits keinerlei Hinweise für irgendwie geartete alters- bzw. entwicklungsspezifische Veränderungen des Blickverhaltens bei Bild-Text-Kombinationen vor; Aspekte wie Modalitätspräferenz und Betrachtungsreihenfolge bei bimodalen Präsentationsformen sind unter altersdifferentiellen Gesichtspunkten noch ebenso ungeklärt wie die Frage nach der Stabilität der angesprochenen habituellen Blickmuster (2.3.1. und 2.3.2.) im Kindesalter. Andererseits beziehen sich die Aussagen zu kindertypischen Ausprägungen des Blickverhaltens fast durchweg auf unter 7jährige; die für die vorliegende Arbeit ins Auge gefaßte Altersgruppe der 9- bis 14jährigen ist entweder kaum untersucht worden, oder sie unterscheidet sich hinsichtlich ihres Blickverhaltens nur noch unwesentlich von Erwachsenen - eine Annahme, die zumindest für die Frage der Bild-Text-Interdependenz nach den Ausführungen von 2.4.2. unwahrscheinlich erscheint. In beiden Punkten stößt die vorliegende Arbeit also ebenso auf experimentelles Neuland vor; präzise Erwartungen lassen sich hier nicht formulieren. Dies gilt auch für einen dritten Gesichtspunkt, nämlich für die als Kriterium herangezogenen Blickverhaltensmerkmale. Zwar rekurrieren auch MACKWORTH/BRUNER bemerkenswerter Weise auf "global measures" des Blickverhaltens. Aber sie selbst betonen für die von ihnen ausgewählten, komplexen Merkmale einen massiven Einfluß von Aufgabenstellung und Präsentationsbedingungen (ebenda S. 158 ff.), die Veränderungen im Ausprägungsgrad der genannten Merkmale in der Größenordnung von 40 % - 80 % zur Folge haben können. Vor allem sind die von ihnen definierten Blickverhaltensmaße keines-

wegs auf die Probleme der Bild-Text-Interaktion zugeschnitten (vgl. 2.3.4.2.), und zudem, nicht zuletzt aufgrund anlagentechnischer Möglichkeiten (ebenda S. 150), an räumlich spezifizierten Basisdaten der Blickbewegungsregistrierung festgemacht, die für die vorliegende Arbeit nicht zur Debatte stehen (vgl. auch 2.3.4.4.). Will man also nicht Gefahr laufen, sich blindlings statt gehaltvoller Aussagen eine hohe Fehlervarianz einzuhandeln, sollte die Definition der zu erhebenden Blickverhaltensmerkmale zunächst so weit wie möglich der hier mediendidaktisch zentralen Frage nach der anteiligen Rolle von Bild und Text im visuomotorischen Lernprozeß und dem Nachweis eben hierauf zu beziehender Alterseffekte angepaßt werden.

3. Hypothesen der Arbeit

Die vorliegende Arbeit zielt ab auf lerntechnologisch verwertbare Ergebnisse. Infrage stehen altersdifferentielle Wirkungen statisch präsentierter Bild- und Textinformation auf den visuomotorischen Informationsumsatz. Besonderes Interesse gilt dabei Annahmen, die für eine effektive Lernsteuerung von Belang erscheinen. Verschiedene solcher Annahmen lassen sich aus den in 2. diskutierten theoretischen Grundlagen und experimentellen Befunden zur Beziehung von Informationsmodalität, Blickverhalten und Lernleistung herleiten. Sie schließen altersdifferentielle ebenso wie verlaufsorientierte (also auf den Lernprozeß bezogene) Aspekte ein. Diese Annahmen sind im folgenden drei Fragen bzgl. des genannten Variablengefüges zugeordnet, die unter dem Gesichtspunkt der Lernsteuerung grundlegend erscheinen:

Frage 1: Welche Ansatzspunkte zur Steuerung der visuellen Informationsaufnahme (Blickverhalten) erwachsen aus der Plazierung von Bildern und Texten? (Vgl. auch 3.1.)

- Erstens ist mit steigendem Lebensalter eine zunehmende Manifestation anordnungsstrukturabhängiger habitueller Formen des Blickverhaltens zu erwarten: In Reihenfolge und Ausmaß visueller Zuwendung löst die Präferenz der oberen Vorlagenhälfte (bei Erwachsenen) die ausgeprägte Bildpräferenz (bei Kindern) ab (vgl. 2.3.1.; 2.3.2.; 2.3.3.; 2.4.1.; 2.4.3.).

- Zweitens ist im Zuge des weiteren Lernprozeßverlaufs mit einer für Erwachsene und Kinder unterschiedlichen Verstärkung von Habituationseffekten zu rechnen: Bezüglich der Betrachtungsreihenfolge setzen sich Plazierungseffekte des Präsentationsmaterials allgemein durch. Bezüglich des Zuwendungsausmaßes zu Bild und Text trifft dies nur für Erwachsene zu (habituelle Plazierungspräferenz), während Kinder mehr auf die Bilder rekurrieren (habituelle Modalitätspräferenz; vgl. bes. 2.3.4.2. und 2.3.4.3.).

Frage 2: Welche Konsequenzen für die sensomotorische Lernleistung erwachsen aus verschiedenartigen Präsentationsformen gleichwertiger Bild- und Textinstruktionen? (Vgl. auch 3.2.)

- Erstens wird entsprechend der semantischen Diskrepanzhypothese generell eine größere Lernwirksamkeit bimodaler gegenüber unimodalen Präsentationsformen erwartet (2.1.1.; 2.1.2.1.2.; 2.2.2.; 2.2.4.; 2.2.5.). Aufgrund induzierter Reihenfolgeeffekte im Blickverhalten (2.3.1.; 2.3.3.; 2.3.4.) sollten dabei speziell vertikale Bild-Text-Anordnungen besonders gut abschneiden (2.2.3.). Es wird also postuliert, daß sich bereits allein durch die Wahl geeigneter Visualisationsformen des Lehrmaterials eine nennenswerte und im Lernprozeßverlauf konsistente Verbesserung sensomotorischer Konzeptualisierungsvorgänge erreichen läßt (2.2.4.).

- Zweitens ist im Zuge des weiteren Lernprozeßverlaufs und einer entsprechenden Konsolidierung des Blickverhaltens (s.o.) mit einer Verstärkung dieses Plazierungseffektes zugunsten der Bild-Text-Anordnung gegenüber der Text-Bild-Anordnung zu rechnen (leistungssteigernder Plazierungseffekt).

- Drittens werden Erwachsene Kindern als in der Lernleistung grundsätzlich überlegen eingeschätzt, jedoch wird von bimodalem Präsentationsmaterial eine tendenzielle Verringerung dieser Diskrepanz erwartet (2.2.5.; 2.4.1.; 2.4.2.).

Frage 3: Welche regelhaften Beziehungen lassen sich zwischen visueller Informationsaufnahme und sensomotorischer Lernleistung aufstellen? (Vgl. auch 3.3.)

- Erstens wird erwartet, daß sich gemäß der semantischen Diskrepanzhypothese aus entsprechenden, modalitätsbezogenen Blickverhaltensdaten auf bestimmte

Unterschiede in der Lernleistung schließen läßt: In einem solchen Befund sollten einerseits die allgemeinen Vorteile einer bimodalen gegenüber einer unimodalen Betrachtungsstrategie, andererseits die speziellen Vorteile einer bei der Bildkomponente einsetzenden Betrachtungsabfolge zum Ausdruck kommen (2.2.3.; 2.3.3.).

- Zweitens wird postuliert, daß sich übergreifenden personspezifischen Blickmustern, die von materialseitigen Visualisationsaspekten vergleichsweise unabhängig zu betrachten sind, bedeutsame Hinweise auf lernrelevante Funktionsunterschiede kognitiv gesteuerter Komponenten der visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitung entnehmen lassen (2.3.4.2.; 2.3.4.3.; 2.3.4.4.; 2.4.4.).

- Drittens sollten verschiedene dieser lernbedeutsamen Blickmusterklassen im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses charakteristische Veränderungen erfahren, die ihrerseits wiederum Rückschlüsse auf verallgemeinerbare, prozeßabhängige Wechsel in der Utilisierung kognitiver Verarbeitungsstrategien erlauben (2.3.4.2.; 2.3.4.3.; 2.3.4.4.).

Angesichts des wiederholten Hinweises auf mögliche nicht-visuelle, kognitive Einflußfaktoren bei der Organisation der visuellen Informationsaufnahme und bei der aufgabenangemessenen Re-Organisation von Gedächtnisbesitz (damit zugleich Quantität und Stabilität von Gedächtnisbesitz betreffend) erhebt sich noch eine (zusätzliche) vierte Leitfrage:

Frage 4: Sind die Grundkomponenten allgemeiner (fluider) Intelligenz für den visuomotorischen Informationsumsatz von maßgeblicher Bedeutung? (Vgl. auch 3.4.)

- Gemäß den in 2.2.5., insbesondere aber in 2.3.4., 2.3.5. und 2.4.3. angestellten Überlegungen wird die KZS-Kapazität als ein eigenständiger, leistungsbestimmender Faktor im visuomotorischen Informationsumsatz betrachtet.

Die Überprüfung dieser Annahme ist nicht nur heuristisch von Bedeutung, sondern zur Beurteilung des tatsächlichen Effekts der übrigen vorgenannten Einflußgrößen auf die sensomotorische Lernleistung (Aufdecken eventueller Konfundierung!) unerläßlich.

Die oben genannten Annahmen sind nun in allgemeine Forschungshypothesen zu überführen (vgl. BORTZ 1984, S. 363 ff.). Diese sollten bereits so weitgehend differenziert und so präzise formuliert sein, daß sie direkte Maßgaben für das weitere methodische Vorgehen einschließlich aller notwendigen Operationalisierungen (vgl. Kap. 4.) abgeben, und daß für jede einzelne Hypothese leicht entschieden werden kann, welche (operational definierten) Untersuchungsausgänge sie bestätigen und welche zu ihr im Widerspruch stehen. Diese Hypothesen sind, den o.g. vier Leitfragen entsprechend zu vier Inhaltskomplexen geordnet, in den Abschnitten 3.1. bis 3.4. im einzelnen aufgeführt (Hypothesen A bis Y). Die gleiche inhaltliche Grobgliederung wird auch im Ergebnisteil beibehalten (vgl. 5.1. bis 5.4.).

Die Art der aufgestellten Hypothesen ist ausschlaggebend für die interne Validität einer Untersuchung und für die Erklärungskraft der gewonnenen Ergebnisse (eindeutige oder mehrdeutige Interpretation?). Aus den Annahmen zu den beiden ersten Leitfragen lassen sich im wesentlichen Unterschiedshypothesen ableiten (vgl. 3.1. und 3.2.). Die an den Einfluß der unabhängigen Variablen "Alter" und "Lernprozeßverlauf" geknüpften Veränderungshypothesen lassen sich de facto (also auch rechentechnisch) in Unterschiedshypothesen überführen (Vergleich zweier Altersgruppen; Vergleich zweier sukzessiver Lernschritte (Lernaufgaben) bzw. Meßzeitpunkte im Lernprozeßverlauf; vgl. auch BORTZ 1984, S. 429 f.). Aus den Annahmen zu den beiden letzten Leitfragen ergeben sich dagegen im wesentlichen Zusammenhangshypothesen. Diese lassen sich nur da in Unterschiedshypothesen überführen, wo die Blickverhaltensdaten hypothesengemäß und theoretisch begründet nominal zu klassifizieren sind (Leitfrage 3, die erste und z.T. auch die zweite Annahme betreffend). Die Wahl eines faktoriellen Untersuchungsplanes (dreifaktoriell: Präsentationsform, Lernalter, Lernaufgabe; vgl. 4.1.) mit entsprechenden Varianten (zweifaktoriell: Präsentationsform, Lernalter; vierfaktoriell: Informationsmodalität, Anordnungsstruktur, Lernalter, Lernaufgabe) ermöglicht dann die Durchführung einer kontrollierten experimentellen Untersuchung zur Prüfung von kausal interpretierbaren Unterschiedshypothesen. Diese Hypothesen sind durch die in Kap. 2. angestellten Überlegungen schlüssig begründet.

Nicht kausal interpretierbar sind die Ergebnisse der interdependenz-analytischen Prüfung der verbleibenden Zusammenhangshypothesen bzgl. Blickverhalten, Intelligenzfaktoren und (sensomotorischer) Lernleistung. Die aus den in Frage

stehenden Annahmen abzuleitenden Hypothesen lassen sich nach den in Kap. 2. diskutierten Befunden derzeit noch nicht ausreichend präzise formulieren und begründen, um ihre Überführung in einen exakten (experimentellen) Untersuchungsplan zu rechtfertigen. Es geht hier vorerst darum, vermutete korrelative Zusammenhänge zu bestätigen bzw. bestimmte Variablen als potentielle Ursachen für die jeweils untersuchten Phänomene auszuschließen. Hierzu werden ggf. multivariate Verrechnungsmodelle herangezogen. Die in 3.3. und 3.4. formulierten Zusammenhangshypothesen (Hypothesen Q, R, V, W und Y) kennzeichnen damit zugleich den induktiven, hypothesenerkundenden Aspekt der vorliegenden Arbeit. Dagegen wird mit den in 3.1., 3.2. und z.T. auch in 3.3. aufgestellten Unterschiedshypothesen der Versuch unternommen, Reichweite und Gültigkeit mehr oder weniger etablierter theoretischer Sätze und begründeter Schlußfolgerungen (vgl. Kap. 2.) in bezug auf den hier in Frage stehenden Anwendungsbereich zu überprüfen (deduktiver Aspekt); vgl. BORTZ 1984, S. 9).

Allerdings ist es beim derzeitigen Forschungsstand nicht möglich, die Größen der den verschiedenen Hypothesen zufolge zu erwartenden Unterschiede oder Zusammenhänge im einzelnen zu spezifizieren. Wie die Darstellungen in 2.2., 2.3. und 2.4. gezeigt haben, sind die dem Forschungsstand zugrundeliegenden Theorien und Befunde entweder recht global oder aber im Detail durchaus noch widersprüchlich. Vor allem aber wird mit der vorliegenden Arbeit in verschiedener Hinsicht experimentelles Neuland betreten. Dies betrifft den sportmotorischen Gegenstandsbereich und die Aufgabenstellung des Bewegungsneulernens, die altersspezifische Verteilung der visuellen Aufmerksamkeit bei simultaner Bild-Text-Präsentation, die Festlegung und Registrierung aufgabenrelevanter Blickverhaltensmerkmale, insbesondere aber die Wahl eines motorischen Außenkriteriums zur Bewertung der Lernwirksamkeit unterschiedlicher visuell vermittelter Zeichenmodalitäten. Es fehlen daher gänzlich entsprechende Orientierungspunkte hinsichtlich der Größe der Auswirkungen verschiedenartiger einschlägiger Treatmentbedingungen oder hinsichtlich der Zusammenhangsstärke von abhängigen, unabhängigen und intervenierenden Variablen. Überdies müssen zur Bearbeitung der ins Auge gefaßten Hypothesen geeignete Untersuchungsinstrumente zur Registrierung des Blickverhaltens, der Bewegungsvorstllung und der Bewegungsausführung im Rahmen dieser Arbeit selbst (z.T.) erst noch entwickelt oder noch erprobt werden (vgl. 4.4.1.; 4.4.2.; 4.4.3.). Daher sind weder die für einige Treatmentstufen-Kombinationen zu erwartenden Wertebereiche, noch die Bedeutung von Unterschieds-Quantitäten bekannt, die mit diesen Instrumen-

ten unter den in der vorliegenden Untersuchung spezifizierten Bedingungen (vgl. 4.) registriert werden. Es ist also nicht möglich, für einen bestimmten, hypothesengemäß zu erwartenden Unterschied, einen Zusammenhang oder eine Veränderung vorab Mindestgrößen (Effektgrößen) festzulegen, die für praktisch bedeutsam zu erachten sind (vgl. BORTZ 1984, S. 377 f.). Dem Kriterium der praktischen Relevanz soll in der vorliegenden Arbeit statt dessen im Rahmen des faktoriellen Untersuchungsplanes durch die Festlegung von Zellenbesetzungen (Stichprobengrößen), die den in der Unterrichtspraxis üblichen Gruppengrößen entsprechen (vgl. 4.1. und 4.4.5.), und durch einen durchweg konservativen Prüfansatz (zweiseitiger Signifikanztest) zumindest ansatzweise Rechnung getragen werden.

Für den Komplex der eher induktiven Zusammenhangshypothesen ist das Kriterium praktischer Bedeutsamkeit, und damit die Festlegung einer Effektgröße, ohnehin irrelevant, geht es doch hier zunächt einmal um den Nachweis vermuteter Beziehungen, deren Tragweite erst in weiteren Untersuchungen zu eruieren wäre. Bei der Formulierung einschlägiger Hypothesen müssen derzeit jedoch wesentliche Punkte zunächst noch als schlichtweg offen angesehen werden. So erscheinen z.B. Vorabschätzungen bzgl. der Anteile verschiedener Variablenkomplexe wie Blickverhalten, Kurzzeitspeicherkapazität, Bewegungsvorstellung etc. an der Aufklärung der Varianz des Außenkriteriums, nämlich der Realisierungsleistung, hier nicht sinnvoll. Derartigen Aspekten wird jedoch in Auswertung und Ergebnisdarstellung unter heuristischen Gesichtspunkten ein wesentlicher Platz eingeräumt werden.

Die vorliegende Arbeit stellt somit insgesamt ab auf die Überprüfung unspezifischer Hypothesen ohne Effektgrößen. Die einzelnen Hypothesen sind daher als Formulierungen der zu erwartenden generellen Trends zu verstehen. Als solche sind sie jedoch keineswegs beliebig, sondern stellen die zentralen, theoretisch und experimentell begründeten Aussagen zur Problemstellung dieser Arbeit dar; ihre Überprüfung darf somit zugleich als Versuch gewertet werden, die in Kap. 2. zur Aufarbeitung des Problemfeldes herangezogenen theoretischen Grundlagen und die dort jeweils eingenommenen Standpunkte auf ihre praktische Leistungsfähigkeit, d.h. auf ihren Erklärungsgehalt auch unter komplexen, feldnahen Bedingungen (Alter; Material; Aufgabe; Komplexität; Darbietungsdauer; etc.) zu überprüfen. In einigen Fällen allerdings (z.B. in der Frage modalitäts- bzw. plazierungsbedingter Reihenfolgeeffekte des Blickverhaltens; vgl.

2.3.1.) sind angesichts einer unzureichenden oder widersprüchlichen Datenbasis lediglich auf der Grundlage von Plausibilitätserwägungen Setzungen vorgenommen worden. So fehlen teilweise ausreichende Anhaltspunkte für blickverhaltensrelevante Modalitätsinteraktionen bei inhaltlich gleichwertigen Informationskomponenten und bei entsprechend dezidierten, anspruchsvollen Aufgabenstellungen.

Abgesehen von den wenigen Fällen, in denen Forschungshypothese und statistische Nullhypothese einander entsprechen (Hypothesen K, S und U), sind die meisten der nachstehenden Forschungshypothesen in ihrer Formulierung der statistischen Alternativhypothese entsprechend angelegt. Sie sind zudem durchweg als einseitige, zusammengesetzte Hypothesen formuliert und bringen damit den jeweils (theoretisch) zu erwartenden Trend unmittelbar zum Ausdruck. Es sei jedoch nochmals betont, daß der tatsächliche statistische Prüfansatz zweiseitig gewählt werden wird, da in manchen Fällen ein dem vorausgesagten Trend entgegengesetztes Ergebnis beim derzeitigen Wissensstand (s.o.) nicht von vornherein auszuschließen ist. Solche abweichenden Ergebnisse würden bei einseitigem Prüfansatz verschüttet und könnten nicht mehr heuristisch nutzbar gemacht werden.

Weiterhin erfolgt die Formulierung der Forschungshypothesen in 3.1. bis 3.4. zunächst nur anhand analytisch definierter Begriffe, die auf der Basis der in Kap. 2. vorgenommenen Bedeutungsanalyse gewonnen wurden. Diese Hypothesen werden daher von nun an ausdrücklich als Arbeitshypothesen bezeichnet. Die analytischen Begriffsdefinitionen sind jedoch auf die in 2.1.2.2. (insbesondere 2.1.2.2.1.) und in 2.3.4. (insbesondere 2.3.4.2. und 2.3.4.4.) diskutierten und dort bereits vorgeschlagenen Operationalisierungen zugeschnitten. Die konkreten empirischen Größen und Maßnahmen, die fallweise und in unterschiedlichen Kombinationen zur Überprüfung der einzelnen Arbeitshypothesen herangezogen werden sollen (materialbezogene Blickverhaltensmerkmale; Verhaltensmerkmale zur Registrierung und Bewertung von kognitiver Repräsentanz und Realisierung der Kriteriumsbewegung; Meß-, Klassifizierungs- und Rechenvorschriften) sind im Rahmen dieser Arbeit selbst erst noch festzulegen bzw. neu zu entwikkeln und werden in den Kapiteln 4.4.1.2., 4.4.2., 4.4.3. und 4.4.4. im einzelnen erläutert. Die analytische Begrifflichkeit der Arbeitshypothesen wird im Ergebnisteil (Kap. 5.) wieder aufgegriffen und dort im Zuge der Darstellung der einzelnen Rechenschritte durchgängig operational präzisiert. Auch die Arbeitshypothesen selber werden in Kap. 5. jeweils einzeln nochmals aufgegrif-

fen und entsprechend der Ergebnislage bewertet; dies geschieht jedoch, um einer möglichst geschlossenen Darstellung der auswertungstechnischen Vorgehensweise und der dabei anfallenden Einzeldaten willen, zumeist erst im Anschluß an die Diskussion der verschiedenen, auseinander sich ergebenden statistischen Auswertungs- bzw. Rechenschritte und ihrer Resultate.

Auf die explizite Formulierung der verschiedenen, aus den Arbeitshypothesen abzuleitenden operationalen Hypothesen wird also verzichtet. Da die Mehrzahl der Arbeitshypothesen durch mehrere, wenn auch aufeinander bezogene operationale Merkmale bestimmt sind, würde sich die Hypothesenzahl beträchtlich erhöhen. Angesichts der bereits mit dem vorliegenden analytischen Begriffsinventar gegebenen Klarheit und Eindeutigkeit der Arbeitshypothesen scheint mir dieses, ebenso wie eine weitere Ausdifferenzierung einiger der Arbeitshypothesen selbst, aus Gründen der Lesbarkeit und Übersichtlichkeit unersprießlich.

Auf die Formulierung der diversen statistischen Hypothesen wird gänzlich verzichtet; deren Logik ergibt sich zwingend aus den jeweils gewählten (und im Ergebnisteil dieser Arbeit im einzelnen benannten) Prüfverfahren und ist anhand der angegebenen statistischen Standardliteratur leicht nachzuvollziehen.

3.1. Zum Einfluß von Informationsmodalität und Plazierungseffekten auf das Blickverhalten

Alle nachstehenden Hypothesen beziehen sich auf die Simultanpräsentation bedeutungsgleicher, in ihrem pragmatischen Informationsgehalt äquivalenter ikonographischer (Konturogramme) und sprachlicher (Text) Instruktionen zum Neulernen einer komplexen, großmotorischen Bewegung; das Präsentationsmaterial zeigt eine vertikale Untergliederung hinsichtlich der Anordnung der zwei verschiedenen Informationsmodalitäten. Die Dimensionierung der den verschiedenen Informationskomponenten (Bild; Text) zugewiesenen Vorlagenareale zeigt keine Unterschiede und ist unter allen Bedingungen gleich.

I Modalitätseffekte:

A: Erstkontakt: Der erste kurze Blickkontakt entfällt, unabhängig von ihrer Plazierung, generell auf die Bildkomponente des Informationsmaterials;

dies gilt für Erwachsene und Kinder gleichermaßen.

B: Zuwendungsausmaß: Die Bildkomponente erfährt gegenüber der Textkomponente generell das größere Ausmaß an visueller Zuwendung; dies gilt für Erwachsene nur unter der Voraussetzung vergleichbarer Plazierung beider Informationsmodalitäten, für Kinder jedoch unabhängig von der Text-Bild-Anordnung.

II Plazierungseffekte:

C: Erstkontakt: Eine gewisse Überformung der generellen Bildpräferenz beim ersten kurzen Blickkontakt durch die Anordnungsstruktur (gleichzeitige Präferenz der oberen Vorlagenhälfte) ist in relevanter Größenordnung nur für Erwachsene, nicht dagegen für Kinder zu erwarten.

D: Betrachtungsabfolge: Die obere Vorlagenhälfte wird generell eher als die untere einer eingehenderen Betrachtung unterzogen; dieser Effekt gilt für Erwachsene unabhängig von der dort jeweils plazierten Informationsmodalität, bei Kindern dürfte sich dagegen zusätzlich ein diesen Anordnungsstruktur-Effekt entsprechend modifizierender Einfluß der Informationsmodalität zugunsten der Bildkomponente bemerkbar machen.

E: Zuwendungsausmaß: Die obere Vorlagenhälfte erfährt gegenüber der unteren generell das größere Ausmaß visueller Zuwendung; dies gilt für Erwachsene unabhängig von der dort jeweils plazierten Informationsmodalität, für Kinder ist jedoch lediglich eine relative Tendenzverschiebung im (ohnehin zugunsten der Bildkomponente ausfallenden) Verhältnis der auf Bild bzw. Text entfallenden visuellen Zuwendung in Abhängigkeit von der Anordnungsstruktur zu erwarten.

III Prozeßeffekte:

F: Erstkontakt: Im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses unterliegt die generelle Bildpräferenz bezüglich des ersten kurzen Blickkontaktes einer verstärkten Überformung durch einen die obere Vorlagenhälfte begünstigenden Habituationseffekt des Blickverhaltens; dieser Effekt ist bei Erwachsenen erheblich stärker und eindeutiger (Ablösung der Bildpräferenz durch eine Präferenz der oberen Vorlagenhälte) ausgesprägt,

als bei Kindern.

G: Betrachtungsabfolge: Im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses verstärkt sich die Tendenz, die Betrachtungsabfolge entsprechend der (vertikalen) Anordnungsstruktur und damit zunehmend unabhängig von der Informationsmodalität zu organisieren; dieser Prozeß-Effekt dürfte sich weniger bei Erwachsenen (Deckeneffekt!), dafür aber aufgrund ihrer andersartigen Ausgangslage (vgl. C) umso stärker bei Kindern auswirken.

H: Zuwendungsausmaß: Im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses verändert sich, unabhängig von den für eine erste visuelle Begegnung mit entsprechendem, noch unvertrautem Präsentationsmaterial typischen Habitualisierungen des Blickverhaltens und diesbezüglichen Plazierungseffekten, das relative Ausmaß visueller Zuwendung zu Bild und Text; während Erwachsene verstärkt die Textkomponente beachten, wenden sich Kinder dagegen im Durchschnitt zunehmend mehr der Bildkomponente zu.

3.2. Zum Einfluß von Informationsmodalität und Anordnungsstruktureffekten auf die sensomotorische Lernleistung

Die nachstehenden Hypothesen beziehen sich auf den Vergleich sowohl uni- als auch bimodal gestalteter Instruktionen zum Neulernen einer komplexen, großmotorischen Bewegung; dabei wird neben Modalitäts- auch möglichen Anordnungsstruktureffekten Rechnung getragen. Das Präsentationsmaterial zeigt die bedeutungsgleichen, hinsichtlich ihres pragmatischen Informationsgehalts äquivalenten ikonographischen (Konturogramme) und sprachlich-symbolischen Instruktionen (Text) entweder jeweils gesondert, oder aber kombiniert in vertikaler Anordnung übereinander; die Dimensionierung der den verschiedenen Informationskomponenten (Bild; Text) zugewiesenen Vorlagenareale zeigt keine Unterschiede und bleibt in allen Fällen ebenso unverändert wie Größe und Gestalt von Schrift und Bildfiguren selber.

Hinsichtlich der Lernwirkung werden in allen Fällen gleichgerichtete Effekte für die Ausbildung einer Bewegungsvorstellung (Registrierung der kognitiven Repräsentanz) und für die konkrete Ausführung derselben (Registrierung und

normierte Bewertung der Bewegungsrealisierung) angenommen und gleichermaßen als Indikator der sensomotorischen Konzeptualisierung betrachtet, wobei die Realisierung jedoch infolge ihres größeren Anteils konstruktiver Leistungsanforderungen (recall-Komponente) und der notwendigerweise vollständigen Modalitätstransformation (Aktivierung "motorischer" Programmspuren) für Treatment-Effekte insgesamt empfänglicher sein und Fehler, Wissenslücken und Mißverständnisse seitens der Vpn deutlicher zum Ausdruck bringen sollte als die Registrierung der Bewegungsvorstellung angesichts ihres beträchtlichen recognition-Anteils und der über das Testmaterial sich auswirkenden imagery-Komponente. Für alle Präsentationsbedingungen wird zudem die gleiche, zur Bedeutungsentnahme hinreichende Darbietungsdauer vorausgesetzt.

I Modalitätseffekte:

I: Relevanz der Kodierungskomplexität: Bimodale Präsentationsformen (Bild und Text) erweisen sich gegenüber unimodalen (Bild oder Text) generell als lernwirksamer; dieser Effekt gilt für Erwachsene in geringerem Maße als für Kinder (vgl. 2.2.2. und 2.2.5. sowie 2.4.1. und 2.4.2.), und wirkt sich bei ersteren möglicherweise in erster Linie auf die (längerfristige) Behaltensstabilität, bei letzteren dagegen eher als unmittelbarer acquisition-Effekt aus (vgl. 2.2.4. und 2.2.5.).

K: Relevanz der Kodierungsmodalität: Unimodale Bild- und unimodale Textinformation unterscheiden sich wegen ihres gleichermaßen hohen imaginalen Gehalts und der Betonung der konstruktiven gegenüber der wiedererkennenden Leistungskomponente durch die sensomotorische Lernaufgabe hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit nicht voneinander (vgl. 2.2.5.); Unterschiede dürften sich, wenn überhaupt, so nur bei jüngeren Kindern mit zugleich mangelhaft ausgebildeter Lesefertigkeit zeigen.

L: Kodierungskomplexität und Lernalter: Erwachsene zeigen sich Kindern unter allen Präsentationsbedingungen in der Lernleistung überlegen; dieser Unterschied fällt jedoch für bimodale Präsentationsformen geringer aus als für unimodale.

II Plazierungseffekte:

M: Relevanz der Anordnungsstruktur: Aufgrund der durch die Anordnungsstruktur als prädominant induzierten Betrachtungsabfolge der dargebotenen Informationsmodalitäten erweisen sich bei bimodalen Präsentationsformen vertikale Bild-Text-Kombinationen gegenüber vertikalen Text-Bild-Kombinationen als lernwirksamer (vgl. D sowie 2.2.3. und 2.3.1.); dieser Effekt gilt für Erwachsene uneingeschränkt und reduziert vor allem für die Text-Bild-Anordnung den mit bimodalen Präsentationsformen verbundenen Leistungsgewinn gegenüber unimodalem Material; bei Kindern dagegen dürfte er zunächst von der für diese Altersgruppe charakteristischen Bildpräferenz überformt und also abgeschwächt sein, was auch für die Text-Bild-Anordnung einen der Bild-Text-Anordnung vergleichbaren Leistungsvorteil vor unimodalem Präsentationsmaterial bedeuten würde.

III Prozeßeffekte:

N: Relevanz der Kodierungskomplexität: Die im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses bei bimodalem Präsentationsmaterial unabhängig von der Anordnungsstruktur zu erwartenden Veränderungen im relativen Ausmaß visueller Zuwendung zu Bild und Text (vgl. H) haben keinen Einfluß auf die generelle Überlegenheit bimodaler gegenüber unimodalen Präsentationsformen in der Lernwirksamkeit. Allerdings gilt diese Annahme für das statistische Gruppenmittel; sinkt im Einzelfall jedoch das Ausmaß visueller Zuwendung zu einer der beiden simultan präsentierten Informationsmodalitäten unter einen Schwellenwert, der noch eine hinreichende Bedeutungsentnahme von dieser Modalität erlaubt, so ist mit einer Lernwirksamkeit wie bei entsprechendem unimodalen Präsentationsmaterial zu rechnen.

O: Relevanz der Anordnungsstruktur: Aufgrund einer prozeßabhängigen Tendenz zur Konsolidierung einer habituellen Betrachtungsabfolge (von oben nach unten verlaufend; vgl. G) verstärkt sich im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses der Unterschied in der Lernwirksamkeit von Bild-Text- gegenüber Text-Bild-Anordnungen (vgl. M) zu Lasten der letzteren; dieser Effekt dürfte sich weniger bei Erwachsenen, dafür aber aufgrund ihrer anderen Ausgangslage (vgl. C, G und M) umso stärker bei Kindern auswirken.

3.3. Zur Beziehung von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung

Alle nachstehenden Hypothesen beziehen sich auf die Simultanpräsentation bedeutungsgleicher, in ihrem pragmatischen Informationsgehalt äquivalenter ikonographischer (Konturogramme) und sprachlich-symbolischer (Text) Instruktionen zum Neulernen einer komplexen, großmotorischen Bewegung. Die Dimensionierung der von verschiedenen, vertikal angeordneten Informationskomponenten (Bild; Text) zugewiesenen Vorlagenareale zeigt keine Unterschiede.

Alternative vertikale Anordnungsstrukturen werden nicht gesondert behandelt, vielmehr werden die entsprechenden Versuchsgruppen zur Aufbereitung und Verrechnung der Daten zusammengefaßt. Dahinter steht folgende Überlegung: Das Auftreten anordnungsstrukturspezifischer Unterschiede in der Lernleistung (vgl. 3.2.) wird an das prädominante Auftreten spezifischer habitueller Blickverhaltensstrukturen geknüpft, die sich durch entsprechende Plazierung der einzelnen Modalitätskomponenten induzieren lassen (vgl. 3.1.). Dies ist natürlich keine ausschließliche, sondern eine statistische Erwartung. D.h. unter allen bimodalen Präsentationsbedingungen treten vermutlich, wenn auch in (signifikant) unterschiedlichem Maße, die gleichen Blickmuster auf (z.B. identische Betrachtungsabfolge von Bild und Text). Ist das so definierte Blickverhalten aber tatsächlich ein relevanter Faktor im Zuge der sensomotorischen Konzeptualisierung, so sollten sich bei gleichen Blickmustern auch dieselben Leistungseffekte zeigen, unabhängig davon, unter welchen Präsentationsbedingungen diese Blickmuster zustande gekommen sind. Zudem muß davon ausgegangen werden, daß einige (und nicht nur die modalitätsübergreifenden) Blickverhaltensmerkmale sich sozusagen "quer" zu den im Experiment geschalteten Anordnungsstrukturen von Bild und Text durchsetzen werden (z.B. Erstkontakt oder mittlere Blickdichte; etc.). Das hier eingeschlagene Verfahren beinhaltet also eine, von den an die Plazierung von Bild und Text geknüpften Erwartungen zur Steuerung der visuellen Informationsaufnahme unabhängige, zusätzliche Überprüfung der Hypothesen zum Zusammenhang von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung.

Meßmethodische Bezugsgrundlage für die nachstehenden Hypothesen ist damit einerseits die Eingruppierung der Vpn nach wohlunterschiedenen qualitativen (nominalskalierten) Merkmalen des Blickverhaltens (z.B. zwei alternative

Betrachtungsabfolgen von Bild und Text). Andererseits werden darüber hinaus, vor dem Hintergrund der in 2.3.4.1., 2.3.4.2. und 2.3.4.4. angestellten Überlegungen, quantitative (mindestens intervallskalierte) und z.T. modalitätsübergreifende Merkmale des Blickverhaltens als denkbare Indikatoren gradueller Leistungsunterschiede herangezogen; hier kann i.d.R. von einer Vorab-Gruppierung der Vpn abgesehen werden. Die entsprechenden Rechenansätze und die zu berücksichtigenden Randbedingungen werden im Zuge der Ergebnisdarstellung in Kapitel 5. eingehender diskutiert.

Die in 3.2. bezüglich der Kennzeichnung der Lernwirkung getroffenen Festlegungen gelten hier gleichlautend.

I Effekte modalitätsspezifischer visueller Zuwendung:

P: Modalitätsbezogene Betrachtungskomplexität: Unabhängig von der konkreten Relation im Zuwendungsmaß zu Bild und Text ist eine bimodale Betrachtungsweise (beide Informationsmodalitäten erfahren visuelle Zuwendung) generell lernwirksamer als eine lediglich unimodale Ausnutzung des (bimodalen) Informationsangebots, sofern nur auf jede der beiden Modalitäten mehr als nur ein kurzfristiger (für eine modalitätsspezifische Bedeutungsintegration unzureichender) Blickkontakt entfällt (vgl. 2.3.4.1. und 2.3.4.2.). Dieser Effekt dürfte bei Erwachsenen weniger stark ausgeprägt sein (vgl. entsprechend I), bei Kindern dagegen eindeutig zur Geltung kommen.

Q: Zuwendungsmaß (vgl. die abschließende Fragestellung in 2.3.4.1.): Unter der Voraussetzung bimodaler Betrachtungsweise ist (interindividuell) mit wachsendem Anteil der Textzuwendung am Gesamtvolumen visueller Zuwendung eine tendenzielle Verbesserung der Lernleistung verbunden (vgl. die in 2.3.4.3. und 2.4.1. skizzierten Überlegungen und Befunde), wobei zugleich mit einer erheblichen Varianz zu rechnen sein dürfte (vgl. 2.3.4.2.). Dieser Effekt ist vermutlich bei Erwachsenen weniger deutlich ausgeprägt und kommt dort möglicherweise erst unter erschwerten retention-Bedingungen voll zum Tragen; demgegenüber sollte diese Hypothese für Kinder in Anbetracht der in dieser Altersgruppe im Vergleich zu Erwachsenen allgemein vorauszusetzenden starken Bildprävalenz (vgl. B und E) bei zugleich weniger entwickelter Lesefertigkeit klarer nachzuweisen sein. Einflüsse der Betrachtungsabfolge sind zu berücksichtigen.

II Effekte modalitätsübergreifender visueller Zuwendung:

R: Blickdichte: Mit (interindividuell) zunehmender Blickdichte ist eine tendenzielle Verbesserung der Lernleistung verbunden (vgl. 2.3.4.2.).

III Reihenfolge-Effekte modalitätsspezifischer visueller Zuwendung:

S: Erstkontakt: Die Lernleistung bleibt unbeeinflußt davon, ob der erste kurze Blickkontakt auf die Bild- oder auf die Textkomponente entfällt.

T: Betrachtungsabfolge: Eine von der Bild- zur Text-Komponente verlaufende Reihenfolge in der eingehenden Musterung der jeweiligen Informationskomponente erweist sich gegenüber der umgekehrten Betrachtungsabfolge (erst Text, dann Bild) generell als lernwirksamer; dieser Effekt gilt in geringerem Maße für Erwachsene, ist dagegen bei Kindern deutlich ausgeprägt.

U: Blickwechselstrategien: Wenn auch nach 2.3.4.4. häufige intermodale Blickwechsel von vornherein schon nicht in nennenswerter Größenordnung zu erwarten sind, so wird überdies solchen Blickwechselstrategien generell auch keinerlei Bedeutung für die Lernleistung beigemessen, welche als gesonderter Effekt über die in Q antizipierten Auswirkungen einer modalitätsbezogenen Betrachtungsabfolge hinaus Berücksichtigung finden müßte.

IV Prozeß- und Trade-Off-Effekte:

V: Zuwendungsausmaß: Unter der Voraussetzung bimodaler Betrachtungsweise gewinnt im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses der Anteil der Textzuwendung am Gesamtvolumen visueller Zuwendung an Bedeutung als positiver Indikator für interindividuelle Unterschiede in der Lernleistung (vgl. Q).

W: Blickdichte: Im Verlauf eines schrittstrukturierten Lehr-Lern-Prozesses kehrt sich bei entsprechendem Vertrautheitsgrad der Vpn mit der Struktur des Präsentationsmaterials und mit der Aufgabenstellung die Vorhersagerichtung von Blickdichte auf die Lernleistung um: Nunmehr sollte eher eine abnehmende Blickdichte einer tendenziellen Verbesserung der Lernleistung korrespondieren (vgl. 2.3.4.2.).

X: Trade-Off: Hinsichtlich ihrer Voraussagestärke in bezug auf die sensomotorische Lernleistung wird für die diskutierten Blickverhaltensmerkmale folgende Rangfolge postuliert: An erster Stelle rangiert die Betrachtungskomplexität; d.h. von Einzelfällen abgesehen, ist die bimodale Betrachtungsweise der unimodalen grundsätzlich überlegen, unabhängig davon, wie sich das Blickverhalten bezüglich der übrigen genannten Merkmale gestaltet. An zweiter Stelle rangiert die Betrachtungsabfolge; d.h. unter der Voraussetzung bimodaler Betrachtung zeigen, von Einzelfällen abgesehen und unabhängig davon, wie sich das Blickverhalten bezüglich der noch verbleibenden Merkmale gestaltet, diejenigen Vpn die besseren Lernleistungen, die zuerst die Bild-, danach erst die Textkomponente visuell abgreifen. Erst an dritter Stelle und von deutlich geringerem Stellenwert als Prädiktoren der Lernleistung gegenüber den beiden vorgenannten sind modalitätsübergreifende Blickdichte und modalitätsspezifisches Zuwendungsausmaß zu veranschlagen. Wegen der nicht näher abzuschätzenden semantischen Interaktionseffekte bei der kognitiven Weiterverarbeitung von Bild- und Textinformation einerseits, und angesichts der Tatsache, daß in die bezüglich der übergreifenden Blickdichte registrierten Vpn-Unterschiede immer auch modalitätsspezifische Verschiebungen von Fixationshäufigkeit und -dauer mit eingehen, lassen sich Aussagen zu einer etwaigen Rangfolge dieser beiden Blickverhaltensvariablen vorab kaum machen.

3.4. Zur Bedeutung allgemeiner Intelligenzfaktoren für sensomotorische Lernleistung

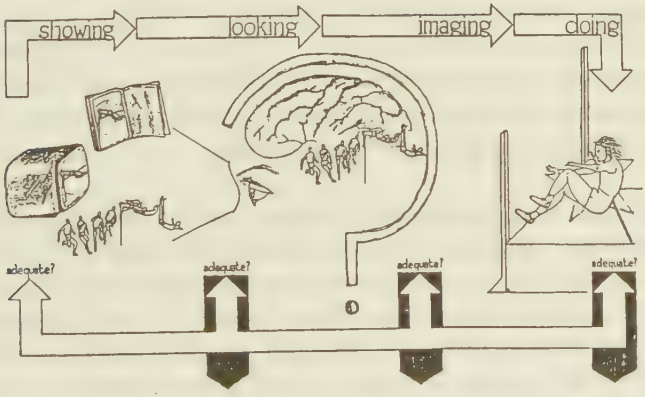
Die nachstehende Hypothese bezieht sich vornehmlich auf die Simultanpräsentation bedeutungsgleicher Bild- und Textinstruktionen zum Neulernen einer komplexen, großmotorischen Bewegung.

Y: Kurzzeitspeicher: Zusätzlich zu materialseitigen (Informationsmodalität und Plazierung) und personseitigen habituellen (entwicklungsabhängig differenziertes Blickverhalten) Wirkungseffekten hat die formale KZS-Kapazität generell einen eigenständigen Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung. Dieser Effekt ist von der altersgebundenen (d.h. entwicklungsabhängigen) Veränderung der aufgabenrelevanten Faktoren fluider und kristallisierter Intelligenz zu unterscheiden und gilt sowohl für Erwachsene als auch für Kinder gesondert.

4. Untersuchungsmethode

Im Zentrum der in 3. formulierten Arbeitshypothesen stehen Fragen nach Struktur und Prozeß des visuomotorischen Informationsumsatzes beim Bewegungslernen. Die Erforschung dieses Prozesses muß also allgemein darauf abstellen, wie beim Bewegungslernen visuelle Information aufgenommen wird, wie sich dieses Information in internen, ausführungsleitenden Bewegungsvorstellungen niederschlägt (kognitive Repräsentanz), und wie sie schließlich in dementsprechend intendierte Bewegungsabläufe umgesetzt wird. Blickverhalten, Bewegungsvorstellung und Bewegungsausführung sind somit zentrale Zugriffsstellen zum Prozeß des visumotorischen Lernens.

VISUOMOTORISCHER INFORMATIONSUMSATZ:



ZUGANGSEBENEN:

organismische Leistung	Visuelle Informationsaufnahme	Bewegungsvorstellung	Bewegungsausführung
analytisches Konstrukt	Visuelle Aufmerksamkeitszuwendung (Fixationen, Folgebewegungen)	Kognitive Repräsentanz sensomotorischer Elementaroperationen	Ausführung sensomotorischer Elementaroperationen
meßmethodische Operationalisierung	Blickbewegungsregistrierung	Bildkartenauswahltest	Realisierungstest

Abb. 1: Visuomotorischer Informationsumsatz und Schema des methodischen Zugriffs

Eine Experimentalanalyse dieses Informationsumsatzes könnte einerseits Interdependenzen dieser Aspekte verdeutlichen und andererseits charakteristische Einflüsse spezifischer Visualisationsformen auf das Bewegungsneulernen aufdekken. Somit ließen sich nicht nur grundlegende Einblicke in den visuomotorischen Informationsumsatz beim Bewegungslernen gewinnen, sondern auch Empfehlungen für lernwirksame Visualisation sportmotorischer Lehrmaterialien bereitstellen.

Voraussetzung einer solchen Experimentalanalyse ist einerseits die Operationalisierung der zentralen Zugriffsgrößen. Hierzu wurde ein methodisches Instrumentarium entwickelt, das sich auf eine Analyse des Blickverhaltens durch Blickbewegungsregistrierung (im folgenden BBR), eine Erfassung der Bewegungsvorstellung durch einen Bildkarten-Auswahl-Test (im folgenden BKAT) und ein Verfahren zur Bewetung der Bewegungsausführung, einen Realisierungs-Test (im folgenden RT) stützt.

Gefragt wird dabei nach charakteristischen Veränderungen dieser Größen aufgrund systematisch variierter visueller Präsentationen sowie nach grundsätzlichen Interdependenzen dieser Größen (Abbildung 1).

D.h. aber, auch das Präsentationsmaterial und der transportierte Lerngegenstand müssen der jeweiligen Problemstellung angepaßt und in ihrer Struktur auf die Anforderungen der konkreten Untersuchungshypothesen zugeschnitten sein. Dies setzt in der Regel schon eine genaue Festlegung des Versuchsplans entsprechend der konkreten Fragestellung voraus. Das Testinstrumentarium muß damit auf diese Bedingungen hin konzipiert und geeicht werden.

Die methodischen, inhaltlichen und formalen Vorentscheidungen bei der Konstruktion des komplexen Untersuchungsinstrumentariums erfolgten im vorliegenden Fall auf der Grundlage der in 2.1.2.2. und 2.1.2.3. entwickelten Vorstellungen.

4.1. Versuchsplan

Der Versuchsplan wurde im Hinblick auf die Anforderungen konzipiert, die sich aus dem Versuch einer Überprüfung der in 3. ausgeführten Hypothesenstruktur

ergeben.

Die Untersuchung folgt einem Design, das die unabhängigen Variablen "Informationsmodalität", "Anordnungsstruktur" und "Lernalter" integriert. Damit wurden insgesamt acht Variablenkombinationen zur Untersuchung gestellt (Abbildung 2). Jeder dieser Kombinationen wurden mindestens 20 Versuchspersonen (Vpn) zugeordnet, um ein Mindestmaß an (statistischer) Verallgemeinerbarkeit der Resultate zu gewährleisten. Um auf Seiten der abhängigen Variablen (Blickverhalten; Ausbildung einer Bewegungsvorstellung; Realisierungsleistung) im Zuge eines längeren (schrittstrukturierten) Lernprozeßverlaufs möglicherweise systematisch anfallende intraindividuelle Veränderungen kontrollieren zu können, wurden unter den Bedingungen der ihr jeweils zugeordneten Variablenkombination an jeder Vp im Rahmen einer Lernschrittfolge zwei Messungen vorgenommen (erste und zweite Lernaufgabe, LA I und LA II).

Die Auswertung des Blickverhaltens wurde entsprechend der Fragestellung dieser Untersuchung auf die vier Variablenkombinationen mit bimodalen Präsentationsformen beschränkt. Um hier mögliche Kalibrier- und Meßfehlerausfälle bei der Blickbewegungsregistrierung ausgleichen zu können, wurde für diese Treatmentstufen von vornherein die anderthalbfache Vpn-Anzahl veranschlagt.

Das Volumen der Untersuchung beläuft sich dementsprechend bei zwei Messungen je Vp auf 240 komplexe Meßaufnahmen unter Einschluß der Blickbewegungsregistrierung (bimodale Präsentationsbedingungen), zuzüglich weiterer 208 komplexer Meßaufnahmen, bei denen die Rolle der Blickbewegungsregistrierung in den Hintergrund trat (unimodale Präsentationsbedingungen). Diese insgesamt 448 Meßaufnahmen an 224 Vpn wurden im Rahmen einer laborgebundenen Reiheneinzeluntersuchung abgewickelt.

Ein ursprünglich in jeder Altersgruppe für die bimodalen Treatmentstufen geplantes Überkreuz-Design (jede Vp wird im Verlauf der beiden Lernschritte mit jeder der zwei alternativen vertikalen Anordnungsstrukturen konfrontiert) mußte nach den Ergebnissen einer Voruntersuchung (BLISCHKE 1981) fallengelassen werden. Nach den Ergebnissen jener Studie zeigte sich im Vergleich der ersten mit der zweiten Lernaufgabe nicht nur ein allgemeiner Prozeßeffekt bezüglich des Blickverhaltens, sondern auch eine anordnungsstrukturspezifische Vorerwartung, die durch das in der ersten Lernaufgabe geschaltete Präsentationsmate-

VERSUCHSPLAN

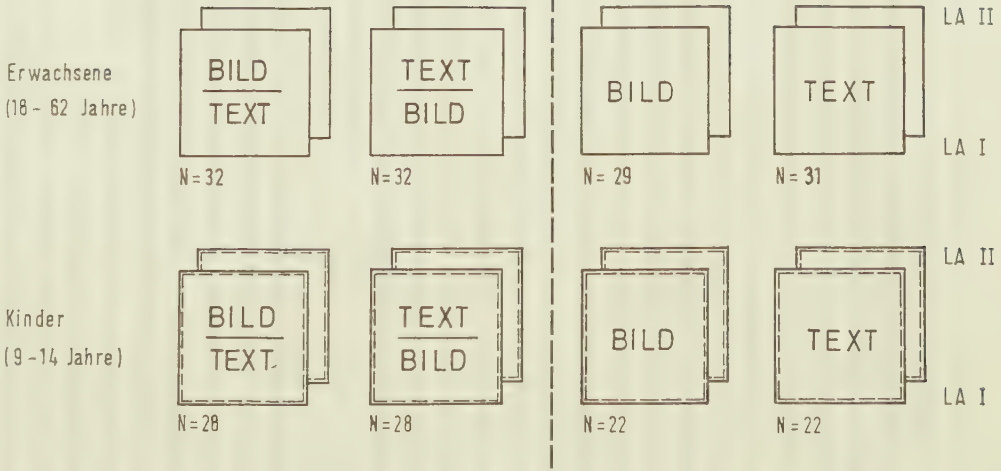


Abb. 2: Versuchsplan mit Präsentationsbedingungen, Altersgruppen und Lernschrittabfolge

rial induziert wurde und die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung im Zuge der Verarbeitung der zweiten Lernaufgabe beeinflußte. D. h. aber, nicht nur die Visualisationsform als solche, sondern auch ihr (zeitlicher und auf andere Medien bezogene) Darbietungskontext überformen die visuelle Informationsaufnahme und damit u. U. die Lernwirkung des Lehrmaterials. Wenn auch beide Lernaufgaben unter der Voraussetzung identischer Visualisationsformen hinsichtlich der anfallenden Fehlerraten (insbesondere bei der Bewegungsausführung) als annähernd gleichschwierig betrachtet werden können (vgl. ZINKE 1982), so muß dennoch bei der Analyse des Blickverhaltens auch bei identischem Material deutlich unterschieden werden zwischen Präsentationen, die sukzessiv, aber zu verschiedenen Zeitpunkten im Verlauf desselben Lehr-Lern-Prozesses dargeboten werden.

4.2. Visuomotorische Lernaufgabe

Entsprechend der Orientierung der Problemstellung auf sensomotorische Lernprozesse verlangt der empirische Zugriff zu bestimmten Teilkomponenten sensomotorischer Konzeptualisierung zunächst die Auswahl einer geeigneten, standardisierten Lernaufgabe.

4.2.1. Lerngegenstand

Als sensomotorischer Lerngegenstand wurde die "Große Körperwelle Vorwärts", eine gymnastische Ganzkörperbewegung, ausgewählt (Abbildung 3). Sie zeichnet sich aus

- durch große Alltagsferne (d. h., sie ist weitgehend unbekannt und findet keine Entsprechung in der Alltagsmotorik);
- durch "Sportnähe" (d. h. es handelt sich um eine großmotorische Bewegung);
- durch hinreichende Lernschwierigkeit (d. h., sie ist aufgrund ihrer Komplexität und Kompliziertheit in ihrer Bewegungsstruktur kaum auf Anhieb, z. B. durch einmaliges Beobachten einer Ausführung, zu erfassen);
- durch ein niedriges motorisches Voraussetzungsniveau (d. h., sie kann von Vpn nahezu aller Altersstufen ohne besondere konditionell-koordinative Voraussetzungen ausgeführt werden);
- durch hinreichende Untersuchungspraktikabilität (d. h., sie läßt sich unter

Abb. 3: Lerngegenstand "Große Körperwelle vorwärts"; Darstellung des Bewegungsablaufs im Reihenbild von links nach rechts verlaufend

einfachsten Bedingungen realisieren und ist daher für Laboruntersuchungen gut geeignet).

Unter dem Gesichtspunkt unterrichtspraktischer Umsetzung in einer auf Instruktion, Selbst- und Fremdbeobachtung, (Resultat-) Bewertung und (Fehler-) Korrektur basierenden, didaktischen Kommunikationsstruktur (vgl. die ausführliche Diskussion in 2.1.2.2.1.) wurden mehrere Teilbewegungen als elementare, prozeßregulative Bedeutungseinheiten aus dem gesamten Bewegungsablauf ausgegliedert, räumlich so weit wie nötig spezifiziert und in ihrer zeitlichen Struktur im Spektrum denkbarer Ausführungsvarianten eindeutig festgelegt (Abbildung 4). Räumliche und zeitliche Spezifikationen erfolgten dabei unter Berücksichtigung sowohl ausführungsregulatorischer, als auch korrekturpraktischer Gesichtspunkte. Die in dieser Weise operational definierte Lernzielstruktur der Großen Körperwelle konnte als eine Grundform des Bewegungsablaufs in der weiteren Ausbildung von Gymnastiklehrerinnen mit Erfolg zur Anwendung gebracht werden. Die in der Lernzielstruktur integrierten elementaren sensomotorischen Operationen konnten dabei zugleich im Zuge der Erstellung eines algorithmisch strukturierten, fehlerverzweigten Lehrweges als inhaltlich (bewegungstheoretisch wie auch didaktisch) relevante regulatorische Prozeßeinheiten ausgewiesen werden (vgl. BIRKHOLZ 1981); die Struktur der entsprechenden sensomotorischen Lehr-Lern-Operationen ist Abbildung 5 zu entnehmen. Diese repräsentieren jeweils nach BIRKHOLZ' Ergebnissen, gemessen am bewegungsregulatorischen Schwierigkeitsgrad, an der zu verarbeitenden Informationsmenge und an der Forderung nach einem möglichst kontinuierlichen Lernfortschritt, durchweg eine unterrichtspraktischen Zwecken angemessene Lernschrittgröße.

Die Entwicklung dieses Lehrprogramms und seine Validierung an insgesamt 14-, 20- und 25jährigen Vpn unter realen Unterrichtsbedingungen schloß neben einer sachgerechten, zugleich aber didaktisch orientierten Lehrstoffstrukturierung auch die Herausarbeitung und Eingrenzung des semantischen Inhalts der entsprechenden lernrelevanten Information ein. Diese wurde nach 2.1.2.3.4. verstanden als die notwendig zu kennzeichnende Anzahl von Richtungsänderungen und Endpositionen der genannten Bewegungsabfolgen im Gliedmaßensystem in ihren wesentlichen (körper-) relativen räumlichen Zuordnungen zueinander und in der zeitlichen Ordnung ihrer Ansteuerung, womit zugleich das Phasing-Gefüge der verschiedenen Teilbewegungen relativ zueinander bereits weitgehend festgelegt wurde (vgl. auch 2.1.2.3. und 2.1.2.3.1.). Absolute Kraft- und Geschwindigkeitsparameter blieben hingegen der individuellen Aus-

Die Struktur des Lernziels "Große Körperwelle vorwärts" läßt acht elementare sensomotorische Operationen erkennen, die sich unter dem Aspekt der Lernrelevanz in vier Operationskomplexen simultan bzw. sukzessiv verknüpfen lassen:

- Kniebeuge: bestehend aus Hocken und Strecken der Beine;
- Armkreis: Arme gestreckt nach vorne-unten und hinten-oben führen;
- Hüftbewegung: Hüfte nach vorne (und zurück) bewegen;
- Kopfbewegung: Kopf in den Nacken nehmen (und wieder zurückführen).

In den Instruktionen werden die Elementarkomponenten der Hüft- und Kopfbewegung (i.e. "Hüfte zurückbewegen" und "Kopf aufrichten") nicht eigens ausgegliedert. Eine solche vollständige Zerlegung ist insofern nicht lernrelevant, als die Rückführbewegungen von Hüfte und Kopf bei der Körperwelle im Rahmen der autonomen Gleichgewichtsregulation nahezu zwangsläufig erfolgen.

Die Zeitstruktur ist in der nachstehenden Skizze angedeutet. Man beachte jedoch: Dies ist (gerade im Hinblick auf den zeitlichen Verlauf der Teilbewegungen) eine Lernzieldefinition neben anderen, realisierungstechnisch ebenfalls möglichen, die jedoch mit der hier gewählten Instruktion mehr oder weniger ausgegrenzt werden bzw. unartikuliert bleiben.

Schematische Darstellung der Lernzielstruktur:

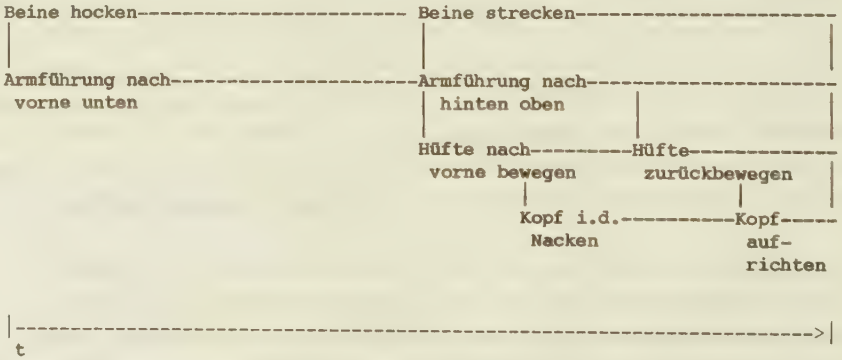
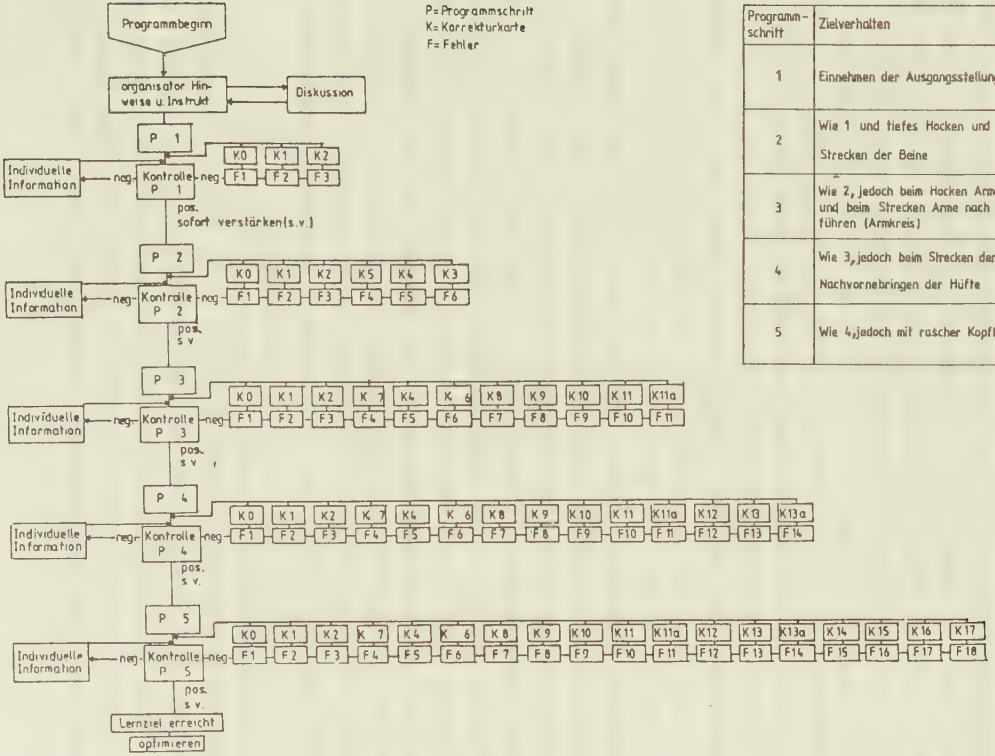


Abb 4: "Große Körperwelle vorwärts", Teilbewegungen und Lernzielstruktur



Programm-schritt	Zielverhalten
1	Einnehmen der Ausgangsstellung
2	Wie 1 und tiefes Hocken und sofortiges Strecken der Beine
3	Wie 2, jedoch beim Hocken Arme nach vorne-unten und beim Strecken Arme nach hinten-oben führen (Armkreis)
4	Wie 3, jedoch beim Strecken der Beine rasches Nachvornebringen der Hüfte
5	Wie 4, jedoch mit rascher Kopfbewegung

Abb. 5: Fehlerverzweigter, algorithmisch strukturierter Lehrweg auf Lernkartenbasis zum Erlernen der "Großen Körperwelle" (BIRKHOLZ 1981, S.35, S.48)

gestaltung offen, die den in 2.1.2.2.1. u. a. im Zusammenhang mit dem "impulse-timing"-Modell diskutierten Unschärfen und Variationsmöglichkeiten Spielraum gibt.

Wesentliche Teilelemente der Gesamtbewegung lassen sich dabei durchaus als "coordinative structures" (vgl. 2.1.2.2.1. und 2.1.2.3.5.) auffassen (z. B. Kniebeuge; Armkreis; Hüftbewegung), die im Verlauf der allgemeinen Bewegungserfahrung gewöhnlich als Zyklen innerhalb längerer, rhythmischer Schwingungsvorgänge (ähnlich dem Gehen) angeeignet und erlebt werden. Man kann daher einerseits davon ausgehen, daß diese Teilbewegungen für sich genommen, als selbständige sensomotorische Operationen, bereits zum Bewegungsrepertoire der für diese Arbeit ins Auge gefaßten Altersgruppen gehören; neu zu leisten ist nun ihre - vor dem Hintergrund allgemeiner Bewegungserfahrung allerdings ungewöhnliche - Koordination. Andererseits kann man, folgt man KUGLER/KELSO/TURVEY (1980), für diese Klasse von (Teil-) Bewegungen von einer weitgehenden sensomotorischen Selbstorganisation ausgehen. Diese ist lediglich bestimmt durch die Antriebsfunktion des jeweils involvierten dynamischen Systems und bedarf, abgesehen von den Koordinationsanforderungen, die mit der simultanen Integration mehrerer solcher sensomotorischen Operationen verbunden sind, kaum weitergehender kortikal regulierter Spezifikationen. Auch dürften damit spezifische Phasing-Parameter für jede der Teilstrukturen von vornherein schon implementiert sein und müssen daher nicht mehr in der Lehrinformation expliziert werden. Diese müssen bestenfalls bei der Zusammenschaltung der Teilbewegungen aufeinander abgestimmt werden. Dabei dürfte sich das gesamte sensomotorische System wiederum im Selbstlauf "einpendeln" (Damit wird u. a. die Möglichkeit zu einer mehrmaligen Realisierung im Realisierungstest erforderlich!) und dem phasing der am weitestgehendsten räumlich spezifizierten Teilkomponente (das ist im vorliegenden Fall der Armkreis: Arme gestreckt; Handgelenke zum Zeitpunkt der tiefsten Hocke in Höhe der Unterschenkel) annähern; die zusätzlichen Bewegungskomponenten (tiefe Kniebeuge; Hüftbewegung) verlangen hier allerdings eine gewisse zeitliche Dehnung.

Die hierfür sensomotorisch relevante Information wurde in konkrete lernschrittspezifische Instruktionen umgesetzt, die unter Berücksichtigung der verschiedenen denotativen Möglichkeiten unterschiedlicher Zeichensysteme einerseits (vgl. 2.1.2.2.2.) und der mit der Ausbildung von Bewegungsvorstellungen verbundenen Spezifikationserfordernisse andererseits (vgl. 2.2.4.) durchgängig als Bild-Text-Kombinationen visualisiert wurden. Dabei konnte für

bestimmte Klassen von motorischen Programmen (dies waren i. d. R. wiederum die in die Nähe teilautonomer "koordinativer Strukturen" gerückten Komponenten "Armkreis" und "Kniebeuge") zumeist auf bereits vorliegende Begriffsschablonen zurückgegriffen werden.

Die unterrichtspraktische Konkretisierung der lernrelevanten Information verlangte darüber hinaus deren (lernschrittspezifische) Operationalisierung in Gestalt von Beurteilungskriterien zur Realisierungsbewertung. Solche Kriterien wurden im Zuge der Lehrprogramm-Validierung festgelegt und erprobt; auf ihrer Grundlage wird im konkreten Einzelfall der Lernerfolg entschieden und ggf. ein Korrekturschritt angesteuert. Die Kriterien beziehen sich durchweg auf solche Abweichungen von der denotierten Lernzielstruktur (i. e. die im jeweils einzelnen Lernschritt geforderte Teilstruktur), die die aktuelle Bewegungsregulation und/oder den weiteren Lernfortschritt gravierend beeinträchtigen. Ihren konkreten Niederschlag finden diese Kriterien in einem Katalog von Bewegungsfehlern, die sich in dieser Weise als (auch unter statistischen Gesichtspunkten) empirisch relevant erwiesen haben (vgl. Abbildung 6). Sie stellen damit die unterrichtstechnologisch relevante Orientierungsbasis für die Entwicklung des in 4.4.3. beschriebenen Realisierungstests dar (vgl. auch 2.1.2.2.3.).

Auf der Grundlage dieses Lehrprogramms wurden nun für die vorliegende Untersuchung zwei inhaltlich und zeitlich aufeinander aufbauende Lernaufgaben definiert. Während die erste Lernaufgabe (LA I) eine Kombination des dritten einiger Elemente des zweiten Lernschrittes aus dem Lehrprogramm "Große Körperwelle vorwärts" darstellt, entspricht die zweite Lernaufgabe (LA II) genau dem vierten Programmschritt. Hierdurch wurde eine annähernde Gleichwertigkeit der Lernschwierigkeit beider Aufgaben erreicht (vgl. BLISCHKE 1981; ZINKE 1982). Dies gilt allerdings nur im Kontext der festgelegten Abfolge von Vorinformation und aufgabenbezogenen Instruktionen (vgl. auch 4.5.), wobei mit der Vorinformation zugleich die informationelle und sensomotorische Ausgangsbasis (in etwa äquivalent einer erfolgreichen Absolvierung des ersten und zweiten Lehrprogrammschrittes) für die erste Lernaufgabe (LA I) bereitgestellt wird.

P 1 Das Lernziel gilt als erreicht, wenn der/die Ausführende aufrecht steht, die Arme gestreckt über den Kopf hält, und die Fußstellung annähernd handbreit um eine halbe Fußlänge versetzt ist.

P 2 Das Lernziel gilt als erreicht, wenn der/die Ausführende nach korrekter Ausgangsstellung mit weiterhin aufrechtem Oberkörper eine tiefe Hocke und sofort anschließende Streckbewegung ausführt. (Ausreichend tiefe Hocke bedeutet die Knie sind vollständig gebeugt.)

P 3 Streckstellung s.o.
Kniebeuge s.o.
Der Armkreis muß mit gestreckten Armen ausgeführt werden. Die Hände müssen am tiefsten Punkt der Hocke an den Oberschenkeln vorbei nach hinten-oben geführt werden.

P 4 Streckstellung s.o.
Kniebeuge s.o.
Armkreis s.o.
Sofort mit Beginn der Beinstreckung muß die Hüfte rasch nach vorne gebracht werden. Die Hüftbewegung muß (wenn auch nur ansatzweise) zu erkennen sein. Die Bewegung endet wieder in der Streckstellung, d.h. der Oberkörper muß wieder aufrecht sein. Ein Strecken der Beine ohne vorheriges Zurückbringen der Hüfte ist kaum oder nur schwer möglich, ohne das Gleichgewicht völlig zu verlieren.

P 5 Mit Abschluß des Programmschrittes 5 ist das Lernziel "Große Körperwelle" erreicht, wenn nach Einnehmen der Ausgangsstellung s.o., Hocken der Beine mit Armkreis und Hüftbewegung s.o. unmittelbar nach Einsetzen der Hüftbewegung der Kopf in den Nacken genommen wird. (Die Kopfbewegung muß ansatzweise zu erkennen sein, d.h. es darf keine Raumfixierung des Kopfes erkennbar sein.) Der/die Ausführende endet ohne größere Gleichgewichtsstörungen (Armerudern, weiter Schritt nach vorne oder hinten) in der Ausgangsstellung.

Abb. 6a: "Große Körperwelle vorwärts"; programmschrittbezogene, korrekturrelevante Bewegungsbeschreibung (s. BIRKHOLZ 1981, S.45f)

FEHLERKATALOG:

Auftritts-möglichkeit	Fehlerkategorie	Korrektur-schritt
ab P 1	1.Bewegung zu schnell und flüchtig	K 0
	2.Füße zu weit auseinander	K 1
	3.Füße nicht weit genug auseinander	K 2
ab P 2	4.Beim Tiefgehen Abknicken des Oberkörpers	K 5 + 7
	5.Zu lange in Hocke	K 4
	6.Nicht tief genug in Hocke	K 3 + 6
ab P 3	7.Armkreis falsch herum	K 8
	8.Armkreis zu schnell	K 9
	9.Armkreis zu langsam	K 10
	10.Armkreis zu flüchtig	K 11
	11.Armkreis vergessen oder nicht vollständig	K 11a
ab P 4	12.Hüfte nicht nach vorne gebracht	K 12
	13.Hüfte zu spät nach vorne gebracht	K 13
	14.Hüfte zu wenig nach vorne gebracht	K 13a
ab P 5	15.Kopf nicht im Nacken	K 14
	16.Kopf zu spät im Nacken	K 15
	17.Kopf zu lange im Nacken	K 16
	18.Kopf nicht weit genug im Nacken	K 17

BEOBACHTUNGSKRITERIEN:

P 1 Streckstellung
- Fußstellung
- Armhaltung
- Körperhaltung

P 2 Hocke
- Körperhaltung
- Pause
- Kniewinkel

P 3 Armkreis
- Zeitfehler
- Richtungsfehler
- Struktur
- Raum

P 4 Hüftbewegung
- Zeitfehler
- Struktur zu erkennen
- Gleichgewicht

P 5 Kopfbewegung
- Zeitfehler
- Struktur zu erkennen
- Gleichgewicht

Abb 6b: "Große Körperwelle vorwärts", Fehlerkatalog und Beobachtungskriterien zum Lernkartensystem "Große Körperwelle" (BIRKHOLZ 1981, S.38, S.47)

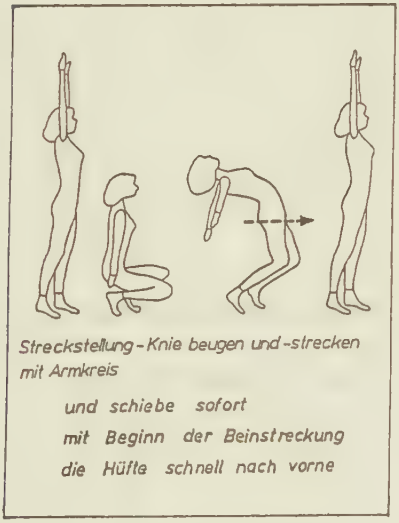
4.2.2. Präsentationsmaterial

Die Konstruktion des Präsentationsmaterials erfolgte in Anlehnung an die hierfür zweckbezogen entwickelte Grundversion des o. g. Lernkarten-Programms zum Erlernen der "Großen Körperwelle" (vgl. BIRKHOLZ 1981). Die für die beiden Lernaufgaben (vgl. 4.2.1.) erforderliche Lehrinformation wurde jeweils in Form eines Lehrbildes und eines Lerntextes kodiert (siehe Abbildung 7).

Das Präsentationsmaterial wurde in drei unterschiedlichen Versionen erstellt: Für eine reine Bildversion wurde die Darstellungsform eines Reihenbildes gewählt. Für eine reine Textversion wurden die Lerntexte direkt aus dem genannten Lehrprogramm übernommen. Beide Entscheidungen orientierten sich an den Ergebnissen der Validierung des Lehrprogramms "Große Körperwelle" in unterschiedlichen Altersgruppen (vgl. BIRKHOLZ 1981, S. 36 ff., S. 79 ff., S. 94 ff.). Sowohl in der Bild- als auch in der Textversion wurden zur Aufmerksamkeitslenkung Informationskomponenten von besonderer Wichtigkeit mittels einer zweistufigen Strichstärke-Variation hervorgehoben. Ferner wurde die Bildversion zur eindeutigen Markierung der Bewegungsrichtung einzelner Körperteile mit Zusatzsymbolen versehen. In einer dritten Version wurden Text- und Bild-Komponenten in einer vertikalen Anordnungsstruktur kombiniert. Der Bildkomponente ist dabei ein semantischer Bedeutungsüberschuß gegenüber der Textkomponente zuzuschreiben. Dies trifft insbesondere die konkreten Details des Konturogramms einer weiblichen Person, die dargestellten individuellen Besonderheiten einer idealtypisch "guten" Bewegungsausführung (extrem tiefe Hocke; Armstellung zum Zeitpunkt der Hocke; extrem weiter Hüftvorschub), sowie, mit Schrittstellung der Füße, Hochhalte der Arme (Streckstellung) und aufrechtem Oberkörper in der Hocke, ausführungs- und bewegungsrelevante Bewegungsdetails, die in der Textkomponente nicht mehr explizit aktualisiert werden, die bei der Einführung der Vpn in den Untersuchungsablauf jedoch jeweils als verbindlich definiert wurden. Zur Induzierung möglicher Plazierungseffekte wurde die Text-Bild-Version zudem in zwei alternativen Varianten aufgelegt (vgl. Abbildung 7).

Für jede der beiden Lernaufgaben wurden also entsprechend den Stufungen der Variablen "Informationsmodalität" und "Anordnungsstruktur" vier unterschiedliche Präsentationsversionen konstruiert:

Lernaufgabe I
(Text/Bild-Version)



Lernaufgabe II
(Bild/Text-Version)

Abb. 7: Exemplarische Wiedergabe des Präsentationsmaterials

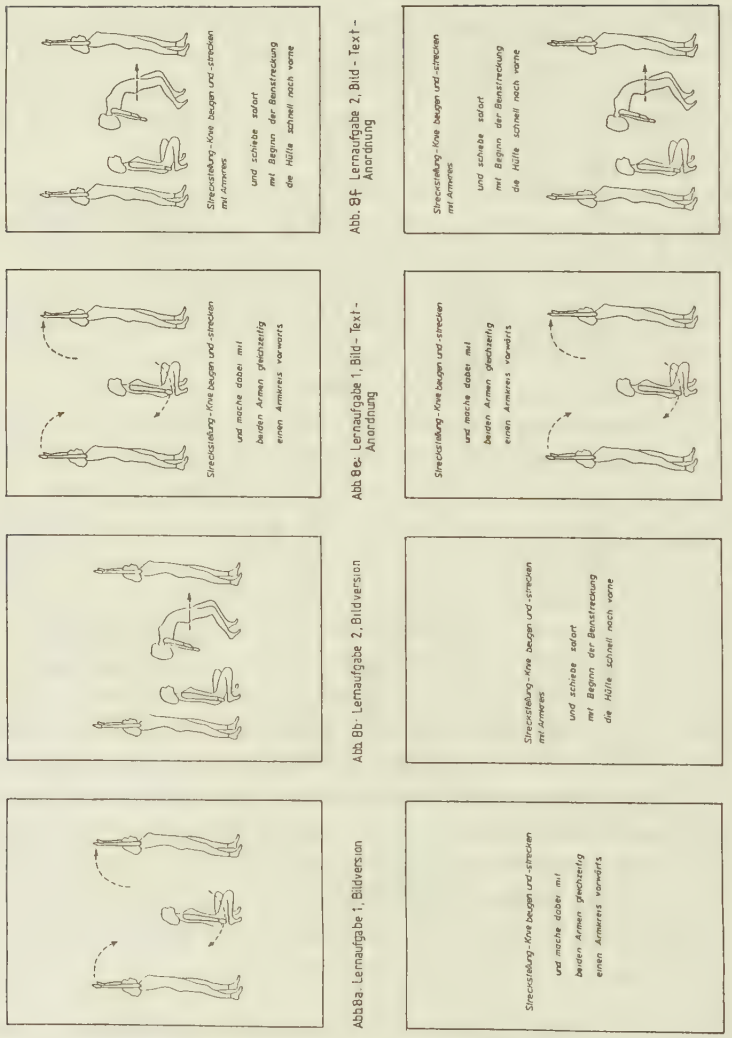


Abb.8a. Lernaufgabe 1, Bildversion

Abb. 8b. Lernaufgabe 2, Bildversion

Abb. 8c: Lernaufgabe 1, Textversion

Abb. 8d: Lernaufgabe 2, Textversion

Abb. 8e- Lernaufgabe 1, Bild - Text - Anordnung

Abb. 8f Lernaufgabe 2, Bild - Text - Anordnung

Abb. 8g: Lernaufgabe 1, Text - Bild - Anordnung

Abb. 8h. Lernaufgabe 2, Text - Bild - Anordnung

Abb. 8: Kodierung der Lehrinformation in 4 Präsentationsformen gleichen pragmatischen Gehalts

- Nur Bild (Abbildung 8 a und 8 b);
- Nur Text (Abbildung 8 c und 8 d);
- Bild oben - Text unten (Abbildung 8 e und 8 f);
- Text oben - Bild unten (Abbildung 8 g und 8 h).

Die Text-Bild-Kombination mit vertikaler Anordnungsstruktur (Bild oben - Text unten) war zugleich Präsentationsgrundlage für die Validierung des Testinstrumentariums zur Registrierung der kognitiven Repräsentanz aufgenommener Informationen (vgl. 4.4.2.) und der Realisierungsleistung (vgl. 4.4.3., sowie ZINKE 1982).

4.2.3. Präsentationsdauer

Aussagen zur anzusetzenden Präsentationsdauer sind grundsätzlich nur in bezug auf die jeweilige Präsentationsweise - also statisch oder dynamisch - zu treffen (vgl. hierzu auch DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 21 ff.). Bei statischer Präsentationsweise (z. B. von Lernkarten oder Applikationen) müssen, anders als bei dynamischem Präsentationsmaterial, z. T. beträchtliche interindividuelle Differenzen in der subjektiv regulierten Betrachtungsdauer unterstellt werden. Es ergibt sich also hier immer das Problem, inwieweit laborbezogene Präsentations- und damit zugleich (jedenfalls im Regelfalle) Betrachtungszeiten auch realitätsangemessen sind.

Nun kann zwar mit einiger Plausibilität unterstellt werden, daß statische Präsentationen, sofern sie unter Laborbedingungen erfolgen, die volle Aufmerksamkeit des (i. d. R. hochmotivierten) Betrachters auf sich ziehen. Dies kann aber unter realen Unterrichtsbedingungen nicht mehr ohne weiteres angenommen werden, zumal nicht bei solchen Medien, für die vom Autor/Hersteller bedeutende Betrachtungszeiten und/oder individuelle Bearbeitungsformen vorgesehen sind.

In diesem Zusammenhang erscheint der Schluß zumindest voreilig, daß in der Praxis im allgemeinen die Betrachtungszeiten über das zur vollständigen Informationsaufnahme notwendige Maß hinaus ausgedehnt würden. Vielfache Beobachtungen im Rahmen der Validierung sportspezifischer Lernkartensysteme lassen vielmehr vermuten, daß neben sehr langen Betrachtungszeiten nicht selten

auch nur sehr flüchtige, d. h. zu kurze Blickkontakte von nur wenigen sec Dauer zwischen Betrachter und Medium zu verzeichnen sind. Konkretes Datenmaterial bzw. Untersuchungen zum Problemfeld der empirischen Betrachtungsdauer bei statischen sportspezifischen Lehr- und Unterrichtsmedien, welche über die hier angestellten Vermutungen hinausgehen, sind mir allerdings nicht bekannt. Man muß daher im schulpraktischen Einsatz unkontrollierbare Über- und Unterschreitungen der durchschnittlich wie individuell notwendigen Betrachtungsdauer unterstellen.

Es verbleiben somit für den Bereich statischer Präsentationen zwei Teilfragen:

- Wie bemißt sich die an der Unterrichtspraxis orientierte, durchschnittlich "sinnvolle" Darbietungszeit?
- Welches ist die zur vollständigen Informationsaufnahme mindestens notwendige Darbietungszeit?

Nach dem bisher gesagten erscheinen zum ersten Punkt wie auch immer geartete Spekulationen als unangebracht; hier sind vielmehr empirisch-experimentelle Untersuchungen gefordert.

Anders verhält es sich mit der zweiten Teilfrage (Mindest-Präsentationszeit):

- In einer "Untersuchung zur Präsentationsdauer optischer Signale im Sportunterricht" kommen KRUBER/FUCHS/STOLTE/LUDWIG/WEHR (1978) für 9jährige Schüler bei Bild-Text-Kombinationen auf eine Mindest-Präsentationszeit von ca. 6 sec. Die Autoren machen allerdings die Einschränkung, daß bei Inhalten, die nicht mehr dem unmittelbaren Erfahrungsbereich der Schüler entnommen seien (also etwa bei Lernaufgaben), die mindestens erforderlichen Präsentationszeiten vermutlich länger sein müßten.
- In Fallversuchen (vgl. DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1981) konnte anhand von Blickbewegungsregistrierung, Memorations- und Realisierungsleistung die zur vollständigen Informationsverarbeitung notwendige Mindest-Präsentationsdauer vorlagenspezifisch eingegrenzt werden. Sie liegt, bezogen auf die Grundversion des oben skizzierten (vgl. 4.2.2.), selbstkonstruierten Lernkartenmaterials und die Aufgabenstellung des Neu-Lernens einer bis dahin unbekannten Bewegung für Schüler der Sekundarstufe und für Studenten bei etwa bei 10 sec. pro Einzelpräsentation (Programmschritt bzw. Lernaufgabe). Dieser Wert ist knapp bemessen. Ob er bei jüngeren Vpn hin-

reicht, bleibt noch zu klären.

- Neben diesen wenigen empirischen Hinweisen läßt sich auch noch folgende theoretische Überlegung anstellen: Für die Präsentationsdauer ist in erster Linie die pro Vorlage zu veranschlagende Durcharbeitungszeit bestimmend. Diese ist allgemein abhängig von der zur Realisierung des betreffenden Lernschritts erforderliche Informationsmenge einerseits und der üblichen Lese- bzw. Betrachtungsgeschwindigkeit andererseits. Die spezielle Aufgabenstellung (nämlich die für eine erstmalige Ausführung einer komplexen Bewegung erforderliche Konstruktion eines Bewegungsentwurfs) verlangt jeweils die mentale Präsenz aller hierzu relevanten Einzelinformationen als Grundlage hierauf aufbauender Superierungs- oder "Chunking"-Vorgänge. Die pro Vorlage angebotene Information muß daher mindestens innerhalb der max. Gegenwartsdauer von ca. 10 sec. apperzipierbar sein (vgl. FRANK/MEDER 1971). Andernfalls sind Wiederholungen und Rehearsal-Prozesse notwendig. Text- und Bildkomponente des selbstkonstruierten Präsentationsmaterials sind daher unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Sprechgeschwindigkeit von 4 Silben/sec (FRANK/MEDER 1971), dieser Zeitspanne in etwa angepaßt. Eine ohne Bezug zur Gegenwartsdauer durchzuführende Abschätzung des Informationsgehalts der von mir verwendeten Vorlagen nach dem WELTNER-Verfahren allein erscheint aus diesem Grund weniger geeignet, zumal bei derartigen Formen des Bewegungslernens immer auch rudimentäre artikulatorische Vorgänge (Formen "inneren Sprechens") angenommen werden können.

Insgesamt erscheint es hiernach gerechtfertigt, bezogen auf das hier benutzte Präsentationsmaterial mit etwa 30 Silben und/oder 1 Bildfolge je Vorlage eine (hypothetische) Mindest-Präsentationsdauer von ca. 10 sec. anzusetzen, die noch ein hinreichendes Vorlagenverständnis erlaubt. Je nach spezieller Ausdifferenzierung der Fragestellung allerdings wird jeweils eine Präsentationsdauer von 5 sec. (Deprivation bezüglich der Betrachtungszeit, u. a. zum Nachweis von Habituations- und Optimierungseffekten) bis zu 20 sec. (visuelle Rehearsalmöglichkeit innerhalb der Betrachtungszeit) zu veranschlagen sein.

Gegen eine wesentliche pauschale Verlängerung der Präsentationszeiten bei solchen Fragestellungen, die ein (visuelles) Rehearsal nicht von vornherein verbieten, sprechen u. a. folgende Gründe:

- KRUBER/FUCHS/STOLTE/LUDWIG/WEHR (1978) kommen in der bereits zitierten Untersuchung zu dem Ergebnis, daß eine Verlängerung der Mindest-Darbietungszeit um 50 % keine Verbesserung von Aufgabenverständnis und Realisierungsfähigkeit mit sich brachte.

- In Untersuchungen, mit denen nach der Bedeutung unterschiedlicher Visualisationsvarianten für die Lernleistung gefragt wird, sind ceiling-Effekte infolge (zu) langer Präsentationszeiten (Rehearsal!) möglichst gering zu halten.

- Unter dem Gesichtspunkt der Lehrwirksamkeit läßt sich der Standpunkt vertreten, daß beste Material sei jenes, welches in kürzester Zeit zufriedenstellende Lerneffekte ermöglicht. Gerade unter der feldnahen Bedingung lernerabhängiger Betrachtungszeiten (s. o.) wäre demnach die erforderliche Interaktionszeit von Schüler und Medium nicht zuletzt auch mittels geeigneter Visualisationsformen zu minimieren (zur Motivationsabhängigkeit des Lernerfolgs siehe auch FRANK 1977, S. 68).

4.3. Versuchspersonen

Die Untersuchung wurde durchgeführt mit 124 Erwachsenen beiderlei Geschlechts, die durchweg über mehr oder minder ausgeprägte Sporterfahrung verfügten (Sportlehrer, Sportstudenten, Trainer, Übungsleiter, Sportaktive), sowie 100 Kindern beiderlei Geschlechts im Alter von 9 bis 14 Jahren, die großenteils, jedoch nicht durchgängig über den Schulsport hinausgehende Sportaktivitäten nachweisen konnten. Alle Kinder sind Schüler an allgemeinbildenden Schulen, die nach dem Zufallsprinzip aus verschiedenen Stadtbezirken in Berlin (West) ausgewählt wurden. Die hiermit gegebenen soziokulturellen Differenzen innerhalb der Personenstichprobe fanden in der vorliegenden Untersuchung keine weitere Berücksichtigung. Allen Vpn (Erwachsenen sowie Kindern) war die Lernaufgabe (Kriteriumsbewegung "Große Körperwelle vorwärts") durchweg unbekannt. Die Versuchsgruppen in den beiden Altersstufen wurden jeweils im Hinblick auf ihre Kurzspeicherkapazität vergleichbar gehalten. Alle Vpn waren selber durchaus an der vorliegenden Untersuchung interessiert.

4.4. Datenaufnahme und -aufbereitung

Der Versuch, einen instrumentellen Zugriff zur visuellen Informationsaufnahme (Blickverhalten), zur kognitiven Repräsentanz der aufgenommenen Information (Bewegungsvorstellung), und zur Bewegungsrealisation zur erhalten, erforderte in allen drei Bereichen Neuentwicklungen bzw. weitreichende Modifikationen bisher verwendeter Vorgehensweisen (vgl. u. a. 2.1.2.2. und 2.3.4.). Die eingesetzten Verfahren sollten den spezifischen Bedingungen des Untersuchungsgegenstandes (visuomotorischer Informationsumsatz beim Bewegungsneulernen anhand statischen, großflächig strukturierten Präsentationsmaterials) gerecht werden und möglichst direkten inhaltlichen und instrumentellen Bezug seiner drei Teilkomponenten erlauben.

Im folgenden werden deshalb einerseits die inhaltlichen Vorentscheidungen skizziert, die zur Eingrenzung und Festlegung eines zweckentsprechend operationalisierbaren Begriffs von Blickverhalten, von Bewegungsvorstellung und von Bewegungsrealisation notwendig waren, soweit dies nicht schon in 2. geschehen ist. Andererseits werden die Erhebungsinstrumente in ihrer Funktionsweise beschrieben, um die Methodenabhängigkeit der Datengewinnung nachvollziehbar werden zu lassen. Problemstellen, die in jedem der Teilbereiche bei der Interpretation der gewonnenen Daten aus inhaltlichen und methodologischen Gründen erwachsen, sollten dabei deutlich werden.

4.4.1. Die Blickbewegungsregistrierung als Zugriff zur visuellen Informationsaufnahme

Wie bereits in 2.3.4.4. angesprochen, ist mit der Blickbewegungsregistrierung sowohl eine meßtechnische als auch eine interpretative Problemkomponente verbunden. In beiden Bereichen sind gegenstands- und problemspezifische Vorentscheidungen unter Berücksichtigung der jeweiligen apparativen und physiologischen Randbedingungen notwendig. Eine ausführliche Diskussion des gesamten Problemfeldes unter Berücksichtigung einschlägiger experimenteller Forschungsergebnisse ist DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER (1982 b) zu entnehmen. Im folgenden wird daher nur auf die für das unmittelbare Verständnis der vorliegenden Untersuchung relevanten Aspekte abgehoben, ohne die in der zitierten

Arbeit differenziert ausgeführten Argumentationsketten und Belegstellen im einzelnen zu wiederholen. Auch werden bekannte und oft zitierte Basisinformationen zum Verständnis dieser Untersuchungsmethode, wie z. B. augenphysiologische Grundgrößen, nicht eigens erwähnt. Ebenso bleiben die besonderen Aspekte der Blickbewegungsregistrierung bei der Bewegungswahrnehmung bzw. bei dynamischen Lehrmaterialien hier undiskutiert, da sie den Gegenstandsbereich meiner Arbeit nicht betreffen.

4.4.1.1. Zur Registrierung des Blickverhaltens

Das Blickverhalten ist beim Betrachten statischer Lehrmaterialien (Reihenbilder, Lernkarten, OH-Folien o. ä.) unter makrostrukturellen Gesichtspunkten durch Fixationen und Sakkaden gekennzeichnet. Fixationen sind hier Momente relativer Ruhe der Augenbewegungen, die eine visuelle Informationsaufnahme eines bestimmten Bereichs des Lehrmaterials im Sinne einer zur inhaltlichen Verarbeitung hinreichenden Identifikation lernrelevanter Elemente und die Wahrnehmung räumlicher Bewegungsmerkmale (z. B. Körperwinkel-, Längen-, Lage- und Positionsmerkmale) ermöglichen. Als Sakkaden werden demgegenüber die sprunghaften Bewegungen des Auges von einer Fixation zur nächsten bezeichnet. Zwar können während einer Sakkade wahrscheinlich Kontraste, Linien und Konturen wahrgenommen werden; eine differenzierte Detailerkennung und -unterscheidung (z. B. Buchstabendiskrimination) ist jedoch nicht möglich.

Die Registrierung der beim Betrachten statischer Lehrmaterialien auftretenden Fixationen (bei dynamischen Lehrmaterialien fallen zusätzlich noch Folgebewegungen an) erfolgte nach der "Cornea-Reflex-Methode": Lichtquellen, die innerhalb des Gesichtsfeldes liegen, werden von der Hornhaut des Auges (Cornea) reflektiert. Der sich daraus ergebende Cornea-Reflex bleibt bei stationären Lichtquellen trotz Augenbewegungen annähernd unbeweglich, da das Auge idealisiert die Form einer Kugel besitzt. Die Pupille dagegen verändert ihre Position in Richtung der Augenbewegung. Aus der Lageveränderung des Cornea-Reflexes zur Pupille kann somit auf die entsprechende Augenbewegung geschlossen werden.

Einen Überblick über den apparativen Aufbau der benutzten Blickbewegungs-Re-

gistrierungsanlage vom Typ GULF & WESTERN 1992 S vermittelt Abbildung 9. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen technischen Komponenten und ihre Funktionsweise ist DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER (1982 b, S. 4 ff.) zu entnehmen. Die Meßgenauigkeit der Anlage wird vom Hersteller mit einem horizontalen und vertikalen Fehler von 1^{o} - 2^{o} innerhalb eines Blickwinkels von $\pm 15^{o}$ angegeben. Der Meßfehler ist im Vorlagenzentrum geringer als in der Peripherie. Das zeitliche Auflösungsvermögen der Anlage beträgt 1/50 sec.

Die Präsentation statischen Lehrmaterials erfolgte mittels Diaprojektion übe- einen Umlenkspiegel von hinten (aus der Sicht der Vpn) auf eine durchscheinende Projektionsfläche.

Von einer speziellen Elektronik (EVM control unit) werden als Funktion der Augenrotation die Koordinaten der Fixationspunkte (und im Fall dynamischen Präsentationsmaterials ggf. die Positionen der Folgebewegungen zu den jeweiligen Meßzeitpunkten) errechnet. In Abhängigkeit von Abstand und Größe des zu untersuchenden Lehrmaterials einerseits und von interpersonellen Unterschieden der Augenanatomie andererseits ist jedoch für eine zuverlässige Blickbewegungsregistrierung zunächst für jede Vp ein Kalibriervorgang von Nöten, um eine lineare Beziehung zwischen dem tatsächlichen Fixationspunkt und seiner errechneten und (u. a. zu Kontrollzwecken) analog dargestellten Position herzustellen. Bei guter Kalibrierung führen sehr geringe Kopfbewegungen der Vpn solange nicht zur Verfälschung der Meßergebnisse, wie Pupille und Cornea-Reflex (CR) im Aufnahmebereich der Augenkamera liegen. Die anatomischen Abweichungen der Augenform von der idealen Kugelgestalt werden hierbei durch eine spezielle, vom Hersteller vorgenommene Anlagenkalibrierung austariert. Mit einer zwischenzeitlichen Überprüfung dieser speziellen Anlagenkalibrierung während des Untersuchungsganges konnte ein einwandfreies Kompensieren geringer Kopfbewegungen sichergestellt werden. Ein Sprechen etwa darf jedoch bei dem benutzten Anlagentyp während einer Untersuchung nicht gestattet werden. Ist der auf die spezifischen Augenbedingungen einer bestimmten Vp bezogene Kalibriervorgang erfolgreich abgeschlossen, kann diese Person zwischenzeitlich die Anlage verlassen; geringfügige Veränderungen der Augenposition etwa aufgrund einer anderen Sitzhaltung können vor einem erneuten Meßvorgang an derselben Vp ggf. durch rasches Nachkalibrieren kompensiert werden.

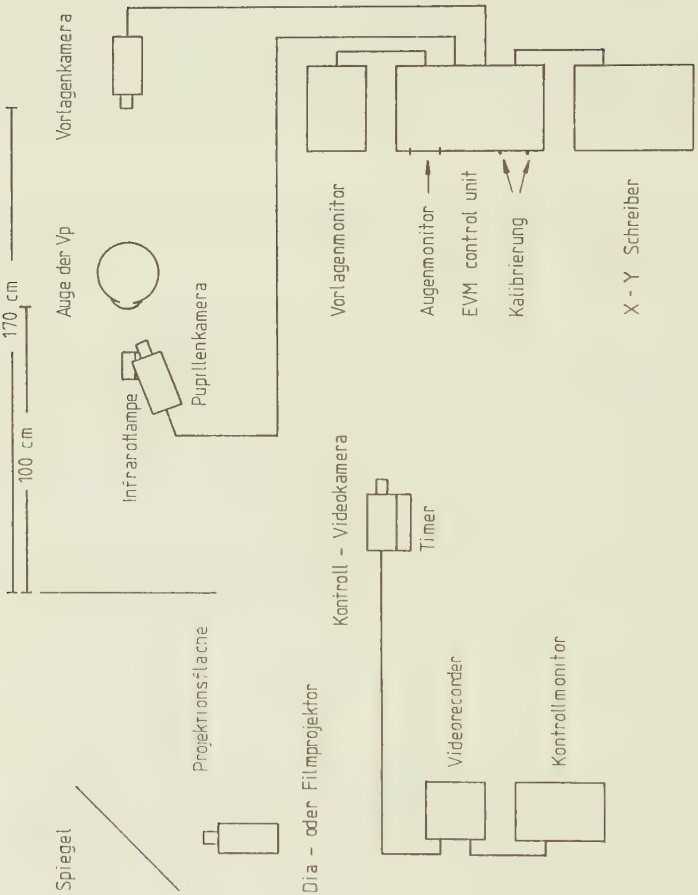


Abb. 9: Elemente und Struktur der Anlage zur Blickbewegungsregistrierung

Die EVM control unit ermöglicht die analoge (z. B. X-Y-Schreiber) sowie die digitale Weiterverarbeitung der so registrierten Meßdaten. Die entsprechenden Koordinaten erscheinen zudem auch als Fadenkreuz auf einem weiteren Monitor (Vorlagenmonitor). Auf diesem Monitor ist das von der Vorlagenkamera aufgenommene Lehrmaterial ebenfalls dargestellt, so daß seine visuelle Exploration sofort erfaßbar ist. Diese analoge Form der Meßdatenausgabe wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für die weitere Aufbereitung der Daten "von Hand" genutzt.

Hierzu wurde der Vorlagenmonitor von einer weiteren Video-Anlage mit zusätzlicher Einblendung der Zeit in 1/100 sec aufgezeichnet. Die gleichzeitige Aufzeichnung des Augenmonitors (Wiedergabe von Pupille und Cornea-Reflex einschließlich der entsprechenden Diskriminationsparameter während des Meßvorgangs) ermöglichte, eventuelle Störungen der Meßaufnahme (z. B. durch zusätzliche Lichtreflexe auf der Cornea) als solche zu erkennen, wodurch Fehlinterpretationen vermieden und z. B. kurzfristige Zusammenbrüche der Koordinatenausgabe (resp. des Analogsignals in Gestalt des Fadenkreuzes) kompensiert werden konnten.

Durch eine Einzelbildauswertung dieser Video-Aufzeichnung von Vorlagen- und Augenmonitor können die Reihenfolge und die Lokalisationen der Fixationen festgestellt werden. Zur Differenzierung von Fixationen und Sakkaden wurden die Lokalisationen von bis zu fünf aufeinanderfolgenden Einzelmessungen (repräsentiert durch fünf eigenständige Video-Halbbilder bei einer Aufnahmefrequenz von 50 Hz) herangezogen. Dies ist jedoch ein Diskriminationsalgorithmus, mit dem ebenso wie mit der zusätzlichen Orientierung am Augenmonitor dem elektronischen Hintergrundrauschen und insbesondere der Trägheit der Videosysteme (Kompensation von Zeilensprüngen) entgegengearbeitet werden soll (vgl. 2.3.4.4.). Anders als bei den von KARSH/BREITENBACH (1983) referierten, am durchschnittlichen Koordinatenwert der jeweiligen Meßdatenreihe orientierten Computeralgorithmen ist hiermit jedoch nicht schon die Mindestfixationsdauer festgelegt; im Unterschied zu dem von SHEBILSKE/FISHER (1983) für das Textlesen gemachten Vorschlag wurde für diese Untersuchung eine Mindestfixationsdauer von 40 msec angesetzt, das entspricht zwei aufeinanderfolgenden Einzelmessungen (vgl. hierzu 4.4.1.2. sowie 2.3.4.4.).

Zur Bestimmung des Fixationsbeginns wurde bei dem hier gewählten, am Videoanalogsignal orientierten Auswertungsverfahren die Aufzeichnung des Augenmoni-

tors in folgender Weise als zusätzliche Kontrolle und Entscheidungshilfe herangezogen: Bei großen Sakkaden (mehr als die halbe Vorlagenbreite) ist ihr Ende, also der Beginn der neuen Fixation, am Augenmonitor ablesbar. Als Fixationsbeginn wird die Zeit notiert, zu der das Auge auf dem Augenmonitor nach der Sakkade wieder ruhig steht, obwohl sich das Fadenkreuz auf dem Vorlagenmonitor noch bewegt (Trägheit der Meßeinrichtung!). Bei kleinen Sakkaden (weniger als die halbe Vorlagenbreite) ist eine Augenbewegung am Augenmonitor oft schlecht abzulesen. Hier wurde aufgrund empirischer Befunde zum Zusammenhang zwischen Sakkadenamplitude und -dauer eine max. Sakkadendauer von 40 msec angesetzt. Eine neue Fixation beginnt also längstens 40 msec nach dem Ende der vorherigen, sofern nicht aufgrund der Analogsignalaufzeichnung am Vorlagenmonitor auf das Vorliegen einer (langsamen) Folgebewegung oder Glissade geschlossen werden kann. Als Fixationsende wurde in jedem Fall die Zeit notiert, zu der sich das Fadenkreuz das erste Mal bewegt. Als Fixationsdauer wurde, unter Berücksichtigung der gesetzten Mindestfixationsdauer von 40 msec, die Differenz zwischen Fixationsbeginn und Fixationsende notiert. Der Fixationsort auf der Vorlage wurde grundsätzlich durch die Lage des Fadenkreuzes im Zeitraum der Fixation bestimmt und entsprechend in einer Kopie des statischen Lehrmaterials eingezeichnet. Fixationen, die keinem Vorlagenelement zugeordnet werden konnten, wurden auf der Vorlagenkopie entsprechend gekennzeichnet. Nach Abschluß der Datenerfassung wurde dann unter Miteinbeziehung sämtlicher erfaßter Daten und anhand der vor jedem Meßvorgang mit einem X-Y-Schreiber aufgezeichneten Kalibrierkontrolle die endgültige Zuordnung zu einem bestimmten Vorlagenbereich entschieden. Schien das Analogsignal (Fadenkreuz) kontinuierlich über einen bestimmten Vorlagenbereich zu rutschen, wurden Beginn und Ende, sowie der Ort des Rutschens gesondert notiert. Während des Rutschens auftretende Fixationen wurden wie beschrieben festgehalten, sofern das Fadenkreuz mind. 40 msec. konstant auf einer Position verharrte. Beim Vorliegen einer Meßfehler-Erscheinung auf dem Augenmonitor wurde versucht, durch Beobachtung der Pupille auf diesem Monitor Datenausfälle möglichst geringzuhalten. Hierin liegt ein nicht unbeträchtlicher Vorteil des hier gewählten Auswertungsverfahrens gegenüber rechnergestützten Verrechnungsalgorithmen auf digitaler Datenbasis: Trotz kurzfristiger Zusammenbrüche der (auf der computerbasierten Auszählung der Augenmonitor-Bildzeilen beruhenden) Diskrimination von Pupillen- bzw. Cornea-Reflexdurchmesser läßt sich i. d. R. anhand des Augenmonitors das Vorliegen einer Fixation oder Sakkade entscheiden. Unter Berücksichtigung der voraufgegangenen und

Auswertungsbogen Video-Band-Nr. 267

Versuch: Körperwelle Bild/Text
Versuchsperson: 1030 Lernaufgabe: I

Bilder: 1, 2, 3; Beine/Füße=B, Rumpf=R, Kopf=K, Arme=A, Zusatzsymbol=Z
Textzeilen: 1, 2, 3, 4;
Fixationen ohne Informationsaufnahme = OI; Meßfehler = MF
(Zeitangaben in sec)

Fix.-Nr.	Fix.-Ort	Fix.-Anf.	Fix.-Ende	Fix.-Dauer	Bemerkung
1	B2-B	16.62	16.84	0.20	
2	B2-B	16.86	17.00	0.14	
3	B1-K,A	17.02	17.18	0.16	
4	B1-K,A	17.20	17.36	0.16	
5	B1-K	17.40	17.50	0.10	
6	B1-K,A	17.52	17.58	0.06	
7	B2-R,A	17.62	17.82	0.20	
8	B2-R,A,B	17.84	17.90	0.06	
9	B2-A,R,B,Z	17.92	17.98	0.06	
10	B2-A,R,B,Z	18.00	18.14	0.14	
11	B2-A,Z.B	18.16	18.20	0.04	
12	B2-A,Z,B	18.22	18.28	0.06	
13	B2-A,R,Z	18.30	18.42	0.12	
14	B1-A,Z	18.48	18.66	0.18	
15	B1-A	18.68	18.72	0.04	
16	B1-Z	18.76	18.84	0.08	
17	B1-Z	18.88	18.94	0.06	
18	B1-Z	18.96	19.00	0.04	
19	B1-Z	19.04	19.08	0.04	
20	B3-A,Z	19.16	19.56	0.40	
21	B3-A,Z	19.58	19.68	0.10	
22	B3-Z,A	19.70	19.74	0.04	
23	B3-Z	19.78	19.84	0.06	
24	T1 Steckstellung	19.88	20.06	0.18	
25	B1-B	20.08	20.22	0.14	
26	B1-B	20.24	20.38	0.14	
27	T1 Knie beugen	20.46	20.72	0.26	
28	T1 beugen	20.76	20.82	0.06	
29	T1 beugen	20.84	20.92	0.08	
30	T1 und-strecken	20.96	21.08	0.12	
31	T1 und-strecken	21.10	21.14	0.04	
32	T1 strecken	21.16	21.28	0.12	
33	T3 und	21.30	21.48	0.18	
34	T3 und mache	21.50	21.56	0.06	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	

Abb. 10: Daten-Urliste (Ausschnitt) von einer Meßaufnahme zur Registrierung des Blickverhaltens einer Versuchsperson

Abb. 11: Räumliche Zuordnung von Fixationen

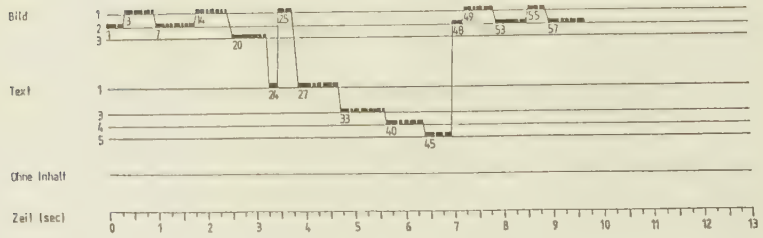


Abb. 12: Räumlich-zeitliche Struktur des Fixationsmusters, korrespondierend zu Abb. 11

nachfolgenden korrekten Meßwerte ließ sich so in vielen Fällen trotz kurzfristiger Zusammenbrüche des Analogsignals (Fadenkreuz) zumindest eine grobe Lokalisation der während der Meßfehlerperioden anfallenden bzw. fortdauernden Fixationen, etwa zur oberen oder zur unteren Vorlagenhälfte, problemlos vornehmen, während entsprechende gängige Rechnerprogramme in solchen Fällen durchweg "missing data" registrieren. Waren keine Aussagen bezüglich Fixationsort, -beginn und -ende für die Zeit des anfallenden Meßfehlers möglich, wurden Beginn und Ende des Meßfehlers gesondert notiert. Ebenso wurde bei Auftreten eines Lidschlages verfahren.

Reihenfolge, Ort sowie Beginn und Ende der auf diese Weise anhand der Video-Einzelbildauswertung bestimmten Fixationen wurden in personspezifische Urlisten übertragen (Abbildung 10). Die Einzeichnung der registrierten Fixationen in eine Kopie des statischen Lehrmaterials ermöglichte einen ersten, globalen Überblick über das Fixationsverhalten (Abbildung 11). Die Raum-Zeit-Struktur des Blickmusters (räumliche und zeitliche Anordnung von Fixationen) einer jeden Vp wurde darüber hinaus durch eine der Fragestellung angemessene graphische Darstellung verdeutlicht (Abbildung 12). Diese Grunddaten gestatteten zunächst eine Veranschaulichung des konkreten Blickmusters einer bestimmten Vp unter verschiedenen Gesichtspunkten. Zur Überprüfung der in 3. formulierten Hypothesen wurden diese Daten dann entsprechend weiter aufbereitet (vgl. 4.4.1.2.) und statistisch verrechnet.

4.4.1.2. Zur interpretationsfähigen Aufbereitung der Rohdaten

Die Interpretation der registrierten Blickbewegungs-Daten (BBR-Daten) muß sowohl die einzelne Fixation in ihrer räumlichen und zeitlichen Ausdehnung und ihrer Bedeutung für den Prozeß des visuellen Informationsumsatzes berücksichtigen, als auch Merkmale des gesamten Blickmusters (raum-zeitliche Anordnung von Fixationen) beim Betrachten einer Präsentation greifen.

Beim visuomotorischen Lernen anhand statischen Präsentationsmaterials sind insbesondere differenzierte Identifikationsleistungen zu erbringen, die durch Fixationen angezeigt werden.

Die anatomisch-physiologische Struktur der Retina sowie experimental-psychologische Befunde (vgl. DAUGS/BLISCHKE/OLIVIER/MARSCHALL 1982 b, S. 8 ff., S. 10 ff.) legen nahe, unter Berücksichtigung der Komplexität der zu untersuchenden Lehrmaterialien (vgl. ebenda S. 25) grundsätzlich von einer räumlichen Ausdehnung der Fixation von 2^{o} im Bereich der Fovea centralis auszugehen (vgl. auch 2.3.4.4.). Dies entspricht bei dem oben beschriebenen Versuchsaufbau einem Fixationsbereich mit einem Durchmesser von 3,5 cm im Zentrum und 4,5 cm am äußersten Rand des zu untersuchenden Lehrmaterials. Da eine Differenzierung verschiedener Vorlagenbereiche an dieser Stelle jedoch nicht sinnvoll erschien (vgl. 2.3.4.4. sowie die verschiedenen Angaben zur Ausdehnung der Fovea centralis, vgl. DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 9), wurde im ganzen Vorlagenfeld ein Fixationsbereich von 4 cm im Durchmesser angenommen, innerhalb dessen eine Identifikation und inhaltliche Verarbeitung der fixierten Elemente/visuellen Merkmale ohne weiteres möglich ist.

Beim Textlesen ist darüber hinaus nach Befunden aus der Leseforschung von einer Asymmetrie des Fixationsbereichs auszugehen (vgl. 2.3.2., 2.3.4.4., 2.3.5. sowie DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 11, S. 26). Mit Blick auf das von HABER (1976) beschriebene Modell und unter Berücksichtigung insbesondere der Ergebnisse von COHEN (1976) und MCCONKIE/RAYNER (1975), sowie des Einflusses der Textschwierigkeit des verwendeten Präsentationsmaterials (Bewegungsneulernen!) und der Aufgabenstellung (differenzierte Wahrnehmung!) wurde für die vorliegende Untersuchung eine mögliche Ausdehnung des Fixationsbereichs nach rechts (in Leserichtung) bis auf 6^{o} in Betracht gezogen. Dieser Bereich entspricht unter den Bedingungen des für die vorliegende Untersuchung gültigen Versuchsaufbaus und der im Präsentationsmaterial verwendeten Schriftgröße einem Bereich von 20 "character spaces" rechts vom registrierten Fixationsort. In diesem Bereich also können den skizzierten Befunden zufolge graphische Merkmale wahrgenommen werden, die den Leser befähigen, auf der Grundlage des bis dahin Gelesenen Entscheidungen über die syntaktische und semantische Struktur des folgenden Textes zu treffen.

Auf der Grundlage der in der Literatur dargestellten Arbeiten erscheint eine genaue Bestimmung der zeitlichen Ausdehnung einer Fixation kaum möglich (vgl. hierzu DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 12 ff., aber auch die in 2.3.4.1., 2.3.4.2. und 2.3.4.4. diskutierten Befunde und Positionen). Die zeitliche Auflösung (1/50 sec) der relevanten Komponenten der benutz-

ten Blickbewegungsregistrierungsanlage (EVM control unit und Kontrollmonitor) sowie Befunde zur visuellen Maskierung (Überlagerung eines Reizes durch einen vorangehenden oder nachfolgenden Reiz mit möglicher Störung der Informationsverarbeitung) begründen die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung festgelegte Minimaldauer einer zu registrierenden Fixation von 40 msec. Dementsprechend wird also nur dann eine Fixation registriert, wenn das die Augenbewegung als Analogsignal abbildende Fadenkreuz mind. 40 msec. stillsteht.

Effekte visueller Latenz und visueller Persistenz (WITTLING 1976, S. 42, S. 44) sind unter der Bedingung freier Betrachtung komplexen Reizmaterials kaum zu erwarten. Dagegen können, bezogen auf das kritische Fixationsintervall von 100 msec., welches für das Auftreten von Maskierungen zu veranschlagen ist, auch Fixationen bis zu etwa 80 msec Dauer noch Maskierungseffekten unterliegen. Diese Fälle im einzelnen zu berücksichtigen, erschien dennoch noch nicht notwendig: Nach einer Vorabschätzung an 439 ausgewerteten Messungen (einzelnen Fixationen) lag der Anteil von Fixationsintervallen (damit wird die Zeitspanne vom Beginn einer Fixation bis zum Beginn der darauffolgenden bezeichnet) unter 100 msec, die solche zwar registrierten, aber dennoch maskierten Fixationen enthalten könnten, nur bei 2,3 %. Unter der speziellen Bedingung des Textlesens reduzierte sich dieser empirisch ermittelte Anteil sogar noch auf insgesamt nur 0,6 %. Allerdings erscheint es notvendig, diese Relation nach Abschluß der vollständigen Datenaufnahme für die vorliegende Untersuchung erneut zu überprüfen und im Falle einer nennenswerten Verschiebung der entsprechenden Anteile die Interpretation der vorliegenden Daten sowie den künftig zu fahrenden Auswertungsmodus entsprechend anpassen zu können.

Wichtiger scheint dagegen die Gefahr zu sein, daß in Anbetracht des elektronischen Hintergrundrauschens auf diese Weise fälschlicherweise zu viele zu kurze Fixationen registriert werden (vgl. 2.3.4.4.). Angesichts der definierten fixation windows von 2^{0} bzw. 6^{0} hätte ein solche systematischer Fehler zwar kaum einen Einfluß auf die Interpretation der visuellen Bedeutungsentnahme, da faktisch nahezu immer mehrere zeitlich aufeinander folgende Fixationen in relativer räumlicher Nähe zueinander zu verzeichnen sind.) Auch blieben die Relationen etwa von Fixationshäufigkeiten oder Fixationszeiten, die auf die Bild- bzw. auf die Textkomponente entfallen, im wesentlichen unverändert. Allerdings wäre der Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit solchen Daten, die nicht nach dem gleichen Registrierungs- und Auswertungsschema gewonnen wurden, erheblich erschwert, und insbesondere gegenüber der Interpretation

)Fixationsbereich ist hier nur Interpretations- und Zuordnungshilfe, nicht

solcher Blickverhaltensmerkmale, die an der Variabilität der Fixationsdauern festgemacht sind, müßten Vorbehalte aufrecht erhalten werden.

Dennoch erscheint das hier gewählte Verfahren zur Bestimmung der zeitlichen Ausdehnung von Fixationen in Anbetracht der vielfältigen methodischen Problemstellen als eine vernünftige pragmatische Lösung.

Aus dem Bereich der experimentellen Psychologie sind Hinweise auf mögliche Bedeutungsunterschiede von Fixationen für den visuellen Informationsumsatz bekannt. Eine Differenzierung verschiedener Fixationsklassen nach ihrer Dauer gelang bisher jedoch nur unter aufgabenspezifischen Untersuchungsbedingungen, so z. B. bei Präsentation eines Zahlenfeldes und der Aufgabe für die Vpn, eine bestimmte Zahl zu suchen, um sie anschließend zu einer daneben stehenden zu addieren. Hier konnten sog. Scanning-Fixationen, die den Suchprozessen zuzuordnen waren,und Processing-Fixationen zur Lösung der Additionsaufgabe nach dem Auffinden der gesuchten Zahl differenziert werden. Bei komplexerem Präsentationsmaterial und veränderter Aufgabenstellung gelang dies jedoch nicht. Diese und weitere Befunde (vgl. dazu ausführlich COHEN 1977; GRONER 1978; PRINZ/RÜBENSTRUNK 1979; PRINZ 1983; DAUGS/BLISCHKE/MARSCHALL/OLIVIER 1982 b, S. 8 ff., S. 17 ff.) lassen das Auftreten von Scanning-Fixationen der oben geschilderten Art unter den vorliegenden Untersuchungsbedingungen, bei denen Suchprozesse nicht durch die Aufgabenstellung provoziert werden, und bei denen komplexes Präsentationsmaterial mit Bild- und Textanteilen verwendet wird, deren Elemente unter dem Gesichtspunkt der Zunahme von Redundanz inhaltlich verknüpft (verarbeitet) werden müssen, nicht erwarten. Hier sind vielmehr zu Beginn einer Betrachtungsperiode Fixationen zu erwarten, die möglicherweise Orientierungscharakter bezüglich der allgemeinen Struktur der Präsentation wie etwa der Anordnung von Einzelbildern und Textteilen besitzen. Es ist zu vermuten, daß die Informationsverarbeitung der von diesen Orientierungsfixationen berührten Elemente eher auf der Ebene figuraler Merkmalsbestimmung verbleibt (Differenzierung von Text- und Bildteilen, Lagebestimmungen), als die Identifikation der fixierten Elemente mit einzuschließen. Wenngleich auch eigene Untersuchungen durchaus erste Hinweise für ihre Existenz geben, bleibt vor hinreichender Klärung der in diesem Zusammenhang auftretenden Fragen die Behandlung aller Fixationen, die auf Vorlagenelemente entfallen, als gleichermaßen bedeutungsvoll geboten (vgl. im übrigen die in 2.3.4.2. gemachten Ausführungen zum Zusammenhang von Fixationsdauer, übergreifender Blickdichte und Speicher- bzw. Verarbeitungskapazität, sowie die Möglichkeit verschieden-

artiger Interaktionsvorgänge von Erkennens- und Verstehensprozessen bei der Bild-Text-Verarbeitung; siehe auch SHEBILSKE 1984). Auch die beim Textlesen unterschiedenen Fixationstypen (MCCONKIE/RAYNER 1975, S. 581) werden entweder inhaltlich gar nicht differenziert, oder aber ihnen ist vor dem Hintergrund der eben gemachten Ausführungen und nach den Aussagen zur Steuerung der Augenbewegungen beim Lesen (HABER 1976) ohnehin prinzipiell eine inhaltliche Verarbeitung zuzuschreiben. Von daher werden in der vorliegenden Untersuchung auch Textfixationen grundsätzlich als äquivalent bezeichnet und als Processing-Fixationen interpretiert. Zwischenfixationen bei großen Sakkaden schließlich (sog. "under shooting" bzw. "over shooting"; vgl. auch KORNHUBER 1978, S. 384), sind von so kurzer Dauer (ca. 20 msec), daß ihnen einerseits im Zusammenhang mit der visuellen Maskierung kaum eine wesentliche Bedeutung für den visuellen Informationsumsatz zuzuschreiben ist, und daß sie andererseits in Anbetracht der für die vorliegende Untersuchung angesetzten minimalen Fixationsdauer im Datensatz ohnehin nicht mehr aufscheinen.

Fixationen schließlich, die kein Vorlagenelement innerhalb ihres Bereichs räumlicher Ausdehnung von 2° (4 cm im Durchmesser auf der Vorlage) belegen, eine Identifikation anhand visueller Merkmale also ausschließen, werden als Unterbrechungsaktivität interpretiert. Das Fixieren inhaltsfreier Vorlagenbereiche wird hiernach zur Reduzierung des Informationsflusses für die Umgruppierung bzw. Umorganisation von Daten zur Bildung von chunks (größeren Informationseinheiten, Superzeichen) und zur Leerung des Kurzzeitspeichers benutzt. Gleiches gilt für Lidschläge!

Das Blickmuster einer Vp ist jedoch in erster Linie gekennzeichnet durch die Abfolge von Fixationen auf bestimmten Elementen des zu untersuchenden Lehrmaterials. Elemente können bei den in der vorliegenden Untersuchung geschalteten Bild-Text-Kombinationen die entsprechenden Bild- bzw. Textteile sein, es kann aber auch auf die Einzelbilder des verwendeten Reihenbildes und die einzelnen Textzeilen des Lerntextes abgestellt werden. Die in 4.4.1.1. und im vorliegenden Abschnitt vorgenommenen Setzungen zur Registrierung des Blickverhaltens erlauben in jedem Falle eine eindeutige Zuordnung von Fixationen zur oberen bzw. zur unteren Vorlagenhälfte und, sofern keine größeren Meßfehler oder Kalibrierungsverzerrungen anfallen, i. d. R. auch zu den Einzelbildern bzw. Textzeilen. Von einer Zuordnung einzelner Fixationen zu benachbarten Teilbereichen eines Einzelbildes oder zu einzelnen Wörtern einer bestimmten Textzeile sollte jedoch in Anbetracht der gewählten Fenster-

größe und der insbesondere für das Textlesen relevanten Einflüsse peripherer Wahrnehmung und nichtvisueller Faktoren zumindest in der Interpretation der Daten Abstand genommen werden, auch wenn das Analogsignal einen entsprechend differenzierten Dateneintrag erlaubt.

Merkmalsklassen des Blickmusters bei statischem Präsentationsmaterial, die eine Interpretation im Sinne der Verteilung der visuellen Zuwendung des Betrachters bezüglich einzelner Elemente des Lehrmaterials ermöglichen, sind somit

- die Häufigkeit visueller Aufmerksamkeitszuwendungen zu einzelnen Elementen (Fixationshäufigkeit),
- die durchschnittliche Dauer aller derjenigen visuellen Aufmerksamkeitszuwendungen (Fixationsdauer), die auf einzelne Elemente entfallen,
- die Zeit visueller Aufmerksamkeitszuwendung zu einzelnen Elementen (Fixationszeit), definiert als die Summe aller auf diese einzelnen Elemente jeweils entfallenden einzelnen Fixationsdauern,
- die Reihenfolge, in der die Elemente der jeweiligen Vorlage mit visuellen Aufmerksamkeitszuwendungen belegt werden.

Aus diesen Merkmalsklassen werden entsprechend der Fragestellung und zugeschnitten auf die Überprüfung der in 3. formulierten, einzelnen Hypothesen der Untersuchung einfache (bezogen nur auf eine Merkmalsklasse) und komplexe Merkmale (mehrere Merkmalsklassen übergreifend) ausgewählt und berechnet. Entsprechend der in 2.3.4.4. diskutierten meßmethodischen und interpretativen Probleme der Blickbewegungsregistrierung wurden für die vorliegende Untersuchung als Bezugsgrößen ("Elemente") für Fixationshäufigkeit, Fixationsdauer, Fixationszeit und Betrachtungsreihenfolge die Modalitätskomponenten des Präsentationsmaterials, resp. die obere und die untere Vorlagenhälfte, gewählt. Zusätzlich wurden Fixationshäufigkeit und -dauer insgesamt (also die auf die Bild- resp. auf die Textkomponente entfallenden relativen Anteile jeweils zusammengefaßt) als interpretationsfähige Merkmalsklassen herangezogen. Die konkreten Werte dieser Merkmalsklassen wurden jeweils pro Vp und Meßaufnahme (also für LA I und LA II gesondert für jede Vp) berechnet. Auf der Grundlage dieser personbezogenen Daten wurde dann die zur Überprüfung der Untersuchungshypothesen angemessen erscheinende Beschreibungs- und Prüfstatistik gefahren. Insgesamt wurde damit den empirischen Befunden und

Interpretationsansätzen zum Auftreten und zur Ausnutzung von Habituationseffekten Rechnung getragen, die im Zusammenhang mit der visuellen Informationsaufnahme und -verarbeitung von Bild- und Textinstruktionen angeführt werden (vgl. 2.3.1., 2.3.2. und 2.3.3.). Zudem wurde versucht, problemangemessen und unter Berücksichtigung der anlagentechnischen und materialspezifischen Voraussetzungen dieser Untersuchung die Forderung nach einer Orientierung auf "global measures" im Rahmen von Blickverhaltensanalysen umzusetzen (vgl. 2.3.4.2. und 2.3.4.4.).

Weiterführende Interpretationen so gewonnener Aussagen zu treatmentspezifischen Variationen des Blickverhaltens müssen jedoch durch die gleichzeitige Anwendung geeigneter Kognitions- und Realisierungstest gestützt werden. Die hierfür im Rahmen der Vorarbeiten zur vorliegenden Untersuchung eigens entwickelten Verfahren werden in den folgenden Abschnitten (4.4.2. und 4.4.3.) skizziert.

4.4.2. Zur Registrierung der Bewegungsvorstellung

Während als empirisches Korrelat der visuellen Inforamtionsaufnahme das nach der in 4.4.1. beschriebenen Weise aufbereitete Blickmuster herangezogen wird, dient die Testleistung in einem Bildkarten-Auswahl-Test (BKAT) in der vorliegenden Untersuchung als Korrelat der aufgabennotwendigen kognitiven Informationsverarbeitung; es erfolgt also auf diese Weise ein operationaler Zugriff zur kognitiven Repräsentanz, eingegrenzt auf das Konstrukt einer ausführungsleitenden Bewegungsvorstellung. Dies erfolgt in direkter Fortführung der in 2.1.1.1., 2.1.1.2. und 2.1.1.3. anhand theoretischer Ansätze und empirischer Befunde entwickelten Überlegungen zur sensomotorischen Konzeptualisierung und ihrer intermodalen Transformierbarkeit. Im Zuge der Aneignung zumindest komplexer artifizieller Bewegungen als notwendig unterstellt wird demzufolge die Ausbildung einer jeder neuronalen Programmgenerierung vorausgehenden, den absichtsvollen Akt in einer motorisch relevanten Weise definierenden, begrifflichen (Gedächtnis-) Struktur. Nach dieser wird gefragt.

Nach den in 2.1.2.3.3. und 2.1.2.3.4. gemachten Ausführungen zum informationellen Kern dieser Gedächtnisstruktur werden ihre Teileinheiten oder "Bau-

steine" verstanden als in erster Linie durch räumlich-zeitliche Anforderungen an einzelne Gliedmaßenbewegungen bestimmt. Das komplexe Rahmenkonzept insgesamt ist danach spezifiziert durch Art und Anzahl dieser Konzeptbausteine, durch ihre zeitliche Abfolge, und durch ihre unmittelbare räumlich-zeitliche Koordination. Entsprechend den in 2.1.2.2.1. angestellten Überlegungen zur Ausgliederung solcher Teileinheiten wurde im vorliegenden Fall ein Zugang zur Struktur des sensomotorischen Rahmenkonzepts über die Bestimmung didaktisch relevanter, elemantarer "sensomotorischer Operationen" gesucht; diese sind für die Körperwelle mit den Prozeßeinheiten der in 4.2.1. beschriebenen und anhand eines entsprechenden Lehrweges empirisch verifizierten Lernzielstruktur gegeben.

Bei der empirischen Abfrage einer solchen Bewegungsvorstellung sind nun diese Bedeutungseinheiten in ihrer Struktur operational zu repräsentieren. Dabei ist im vorliegenden Fall dem Faktum Rechnung zu tragen, daß der für die Untersuchung gewählte Lerngegenstand "Große Körperwelle" in der Bewegungsrealisierung nicht nur strukturelle Auslassungen erlaubt, sondern daß der gesamte Bewegungsablauf in Reihenfolge und/oder Bewegungsrichtung einzelner Teilkomponenten vollständig gekontert werden kann, und daß sich darüber hinaus die verschiedenen, in der Großen Körperwelle integrierten sensomotorischen Operationen gleichsam nach dem Baukastenprinzip auf sehr verschiedenartige Weise kombinieren lassen (propositionaler Konstruktionsspielraum; vgl. 2.1.2.1.4.). Ein aus der Ausführungsschwierigkeit solcher, aufgrund unzureichender Informationsverarbeitung von der Lernzielvorgabe abweichender konstruktiver Realisierungen eines ausführungsleitenden Bewegungskonzepts erwachsendes Korrektiv, welches auf den Konzeptualisierungsvorgang rückwirken könnte, hat auf den vor dem ersten Realisierungsversuch zu leistenden, rein kognitiven Konstruktionsvorgang noch keinen Einfluß; dies gilt zumindest unter der Voraussetzung unbefangener, d. h. bewegungswissenschaftlich und sportartspezifisch nicht besonders vorgebildeter Vpn.

In der Konsequenz aller dieser Überlegungen, sowie unter Berücksichtigung der Möglichkeiten zur Modalitätssubstitution (vgl. 2.1.2.1.3.) und der grundsätzlichen Schwierigkeiten eindeutiger Denotation der begrifflich-kategorialen Struktur von Bewegungsvorstellungen (vgl. 2.1.2.2.2.), die mit einem objektivierenden Zugriff zur sensomotorischen Konzeptualisierung verbunden sind, wurde zur Registrierung der kognitiven Repräsentanz visueller Informa-

tionsverarbeitung im Rahmen des für die vorliegende Untersuchung ins Auge gefaßten sensomotorischen Lehr-Lern-Prozesses ein Bildkarten-Auswahl-Test (BKAT) konstruiert (BLISCHKE/ZINKE 1983). Dieser Test verlangt die nach Ort und Reihenfolge korrekte, d. h. ihrer realen räumlich-zeitlichen Struktur entsprechende Identifizierung der genannten elementaren sensomotorischen Operationen; die richtige Lösung führt zu einer Darstellung des Bewegungsablaufs der jeweiligen Lernaufgabe in Form eines Reihenbildes (vgl. Abbildung 13), wobei Fehlentscheidungen möglich sind. Voraussetzung der richtigen Auswahlentscheidung ist gemäß der oben getroffenen Grundannahme eine bewußte Vorstellung von den für die Zielbewegung essentiellen sensomotorischen Operationen, ihrer Abfolge/Koordination und ihrer räumlichen u. zeitlichen Struktur.

Diese im Reihenbild der richtigen Lösung integrierten sensomotorischen Operationen entsprechen, wie in 4.2.1. beschrieben, elementaren Lernschritten eines feldexperimentell validierten Lehrprogramms zur Großen Körperwelle. Sie haben dort ihre begriffliche Belegung als Bedeutungseinheiten (kognitive "Chunks") der Lehrinformation erfahren und können mit Blick auf die nachgewiesene Funktionalität des Lehrverfahrens für den initialen Lernprozeß mit einiger Plausibilität als lernrelevante "Elementarbausteine" der Zielbewegung betrachtet werden. Die im Reihenbild der richtigen Lösung jeweils dargestellten Konfigurationen (Einzelbilder) kennzeichnen dabei diejenigen Körperpositionen im Bewegungsablauf, die für die räumliche Spezifikation der einzelnen sensomotorischen Operationen und für deren zeitgerechte Zusammenordnung im Bewegungsverlauf nicht zuletzt auch nach den Befunden der Lehrprogramm-Validierung den höchsten Informationsgehalt besitzen und Bewegungsrichtung, anzusteuernde räumliche Extremwerte und Koordinationsmarken für die relative zeitliche Abstimmung der einzelnen Teilbewegungen aufeinander eindeutig festlegen. Dies sind, neben der Spezifikation der posturalen Ausgangspostion, zumeist die Umkehrstellen der drei als zyklische Schwingungsvorgänge denkbaren "coordinatives structures" (Armkreis, Kniebeuge, Hüftbewegung), sowie Zwischenkonfigurationen, die in Relation zur voraufgehenden und zur nachfolgenden Körperposition die Bewegungsrichtung (der Arme) eindeutig kennzeichnen. Hiermit sowie mit der im folgenden beschriebenen technischen Realisation des Entscheidungs- und Bewertungsvorgangs bei der Auswahl der Bildkarten durch die Vpn wurde versucht, der in 2.1.2.2.3. diskutierten Problematik der Kriterienfestlegung Rechnung zu tragen und eine praktikable Lösung zu finden.

Entsprechend der schrittstrukturierten Vermittlung der Zielbewegung wurde auch der BKAT zweiteilig konzipiert: Im Anschluß an eine Basisinformation (vgl. 4.2.1., Vorinformation) wird nacheinander die Information zur ersten Lernaufgabe (LA I) und zur zweiten Lernaufgabe (LA II) präsentiert, deren Verarbeitung jedes Mal mit einer entsprechend modifizierten Variante des BKAT (BKAT I und BKAT II) überprüft wird. Der Schwierigkeitsgrad beider Testteile ist unter diesen Bedingungen - entsprechend der vergleichbaren Lernaufgabenschwierigkeit - für 10- bis 14jährige Schüler annähernd gleich.

Über das reine Wiedererkennen (Memorations- bzw. Rekognitionskomponente) der in der standardisierten Lehrinformation kodierten "zentralen Knotenpunkte" der Bewegung (markiert durch zeitlich einander zugeordneten, räumlich spezifizierten Umkehrstellen ausgezeichneter Körperpunkte) hinaus verlangt der Test eine kognitive Konstruktionsleistung, insofern als in der Lehrinformation nicht explizit enthaltene "Zwischenkonfigurationen" der Bewegung anhand der bereits entwickelten kognitiven Bewegungsvorstellung aus dem vorliegenden Bildkartenmaterial erschlossen werden müssen, und insofern alle Konfigurationen entsprechend ihrer korrekten (zeitlichen) Abfolge zu arrangieren sind.

Technisch realisiert wird, für jede der beiden Testvarianten gesondert, die konstruktive Testkomponente hauptsächlich durch die Verteilung der jeweils 21 Bildkarten (Elementaraufgaben des Tests) auf insgesamt fünf Kartenstapel (Abbildung 13), welche jeweils eine an dieser Position korrekte Konfiguration sowie drei bzw. vier Distraktoren (Konfigurationen, die relevante Abweichungen vom angezielten Bewegungsablauf kennzeichnen) enthalten (siehe Abbildung 14). Jeder Ort im Reihenbild repräsentiert damit einen bestimmten Zeitpunkt im Bewegungsablauf. Besteht die Gesamttest-Aufgabe in der kognitiven Reproduktion der Lernaufgabe bzw. der entsprechenden Bewegungsvorstellung mit Hilfe der Bildkarten in allen Stapeln, so bestehen die insgesamt jeweils 21 Elementaraufgaben des BKAT in der Diskriminierungsleistung zwischen im o. g. Sinne korrekten Konfigurationen und ihren Distraktoren in den entsprechenden Bildkartenstapeln: Bei jeder einzelnen Bildkarte eines jeden Stapels ist, immer bezogen auf den durch diesen Stapel definierten Ort im Reihenbild, eine Ja-Nein-Entscheidung zu treffen. Hierin realisiert sich im wesentlichen die Rekognitionskomponente des Tests.

Zugleich ergibt sich hieraus aber auch der Ansatz zur Bewertung der individu-

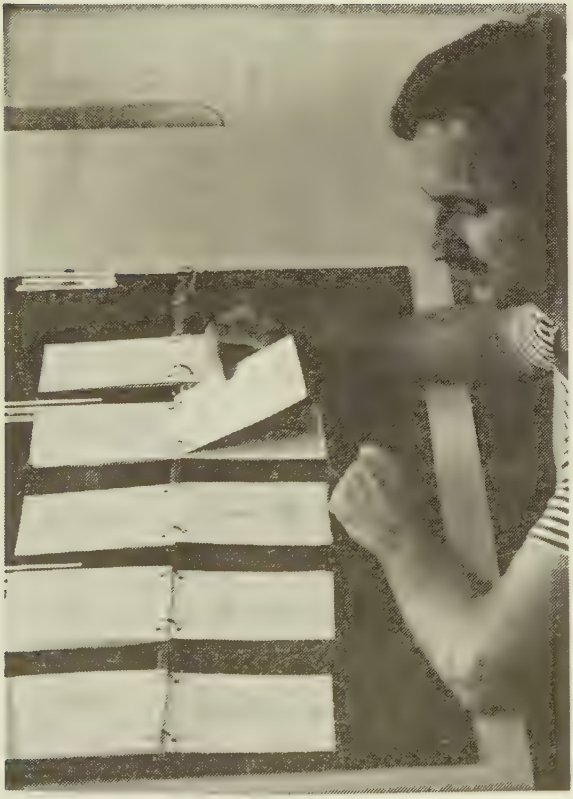


Abb. 13: Versuchsperson bei Bearbeitung des Bildkarten-auswahltests

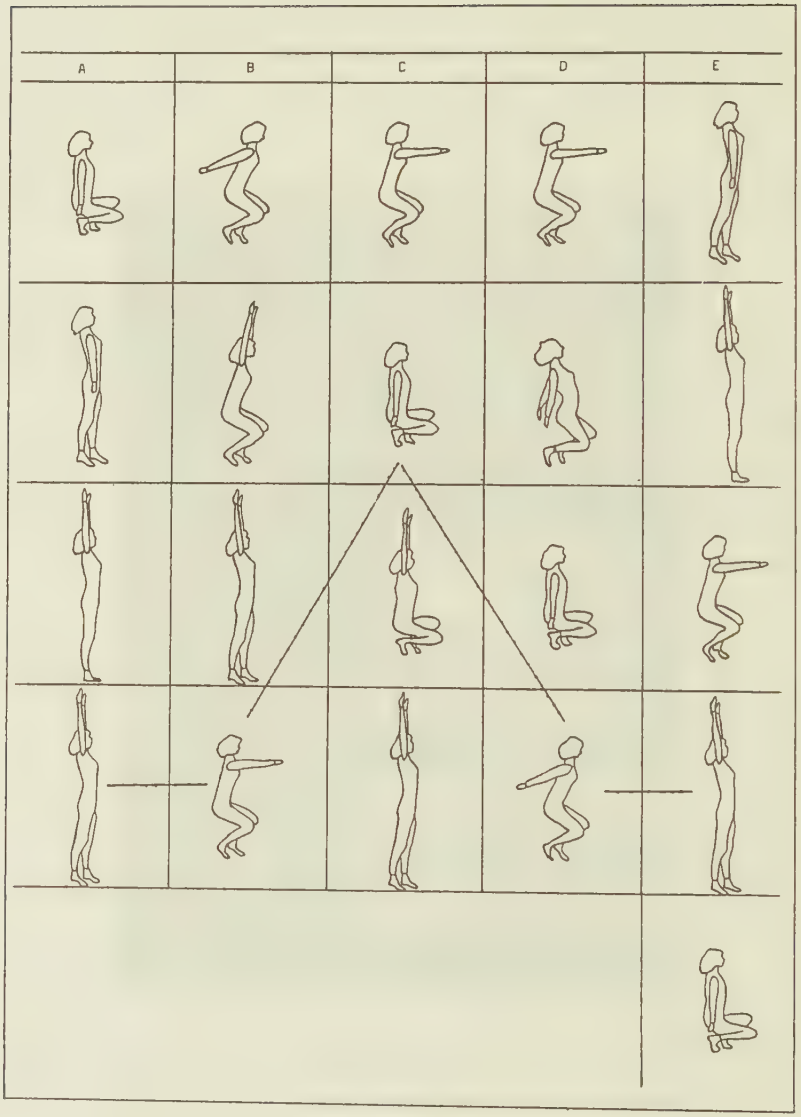


Abb. 14 a: Bildkartenmaterial zu BKAT I; Stapel jeweils spaltenweise aufgeführt; Linie verbindet "korrekte" Konfigurationen

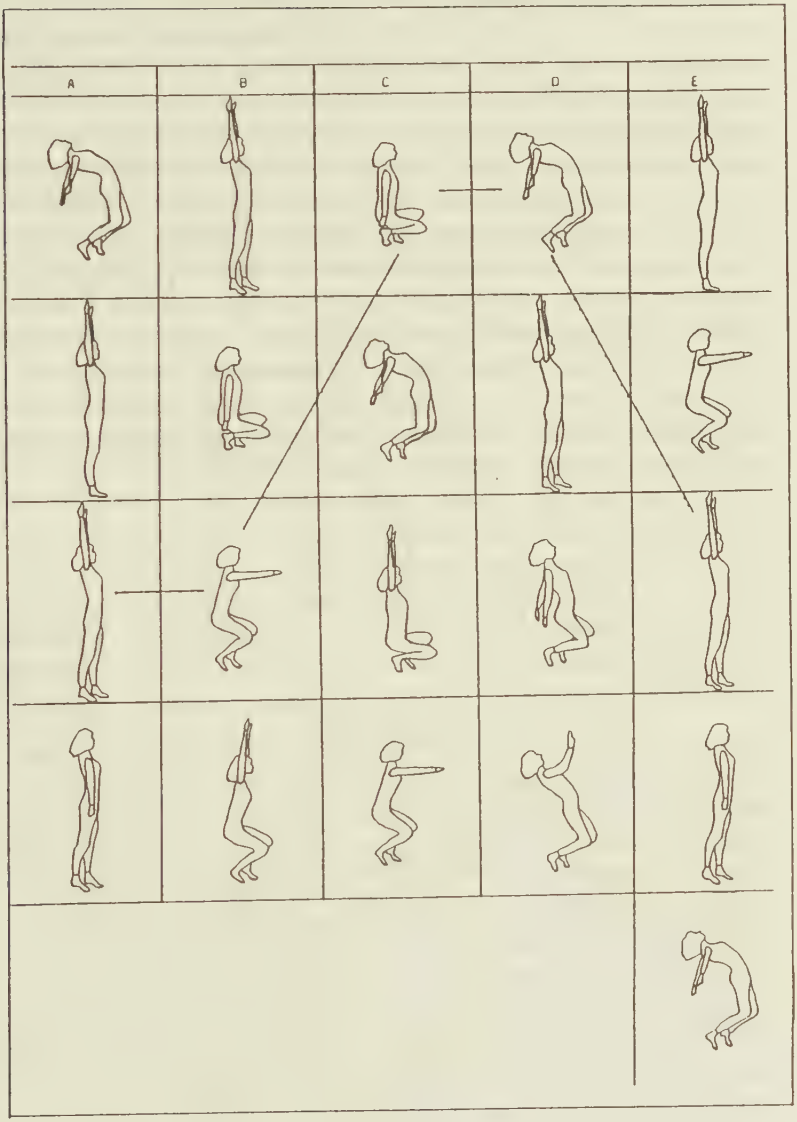


Abb. 14 b: Bildkartenmaterial zu BKAT II; Stapel jeweils spaltenweise aufgeführt; Linie verbindet "korrekte" Konfigurationen

ellen Testleistung: Für die Datengewinnung werden die Elementaraufgaben des BKAT als gleichwertig betrachtet und jeweils mit einem Rohpunktwert bedacht (also 1 Pkt. für die Auswahl einer korrekten Konfiguration an richtiger Position und je 1 Pkt. für jeden der an dieser Position nicht gewählten Distraktoren). Zur Feststellung der individuellen Testleistung werden von der so zu berechnenden höchstmöglichen Gesamtpunktzahl die nach dem Prinzip der Fehlerwertanalyse (vgl. ENGELKAMP/KRUMNACKER 1980) ermittelten Fehler-Rohpunkte subtrahiert. Bei der Auswahl eines Distraktors erfolgt also der Abzug von 2 Rohpunkten von der höchstmöglichen Gesamtpunktzahl, d. h. 1 Fehlerpunkt wird für das Nichterkennen der korrekten Konfiguration an dieser Position, und 1 für die - fälschliche - Auswahl des betreffenden Distraktors abgezogen. Die Vpn dürfen die Antwort in keinem Fall verweigern ("Ich weiß nicht"), und sind gehalten, alle 21 Bildkarten des Testinstruments zu betrachten; sie müssen also bezüglich jeder einzelnen Elementaraufgabe des BKAT eine Entscheidung treffen. Allgemein läßt sich die Rohpunktwertberechnung für den BKAT wie folgt formalisieren:

$$p = \sum_{i=1}^{5} (n_i - 2 \cdot f_i)$$

$p \triangleq$ Rohpunktwert

$n \triangleq$ Anzahl der Bildkarten im Stapel i

$i_1 - i_5 \triangleq$ Stapelposition 1 - 5

für $f_i = 0$ (d.h. kein Distraktor gewählt)

$f_i = 1$ (d.h. Distraktor gewählt)

In enger Anlehnung an das bei BELSER (1975) ausführlich beschriebene Verfahren wurde das verwendete Bildkartenmaterial einer Aufgaben-, einer Schwierigkeits- und einer Trennschärfenanalyse unterworfen. Die Differenzierungsanalyse (Trennschärfeuntersuchung) wurde mit 60 Schülern und Studenten durchgeführt (vgl. ZINKE 1982, S. 32 ff.). So bereinigt (vgl. Abbildung 14), wurde das gesamte Testinstrument (BKAT) sodann an 2 Eichstichproben von 13- bis 15jährigen Hauptschülern unter unterschiedlichen Kontextbedingungen validiert (N_1 = 28; N_2 = 32). Die Präsentationsdauer der Lehrinformation betrug für jede der beiden Lernaufgaben jeweils 15 sec. Als Außenkriterium diente die dem BKAT zeitlich nachfolgende, normierte Bewertung der sensomotorischen Realisierung (Bewegungsausführung) der jeweiligen Lernaufgabe (RT I und RT II; vgl. hierzu 4.4.3.). Jeder Vp wurde eine max. 3minütige Durcharbeitungszeit für jede der beiden BKAT-Versionen eingeräumt; von drei sich unmittelbar anschließenden Versuchen der Bewegungsrealisation wurde der jeweils beste be-

wertet. Diese Randbedingungen werden auch für die vorliegende Untersuchung beibehalten.

Durchführung und Ergebnisse der erwähnten Validierungsstudie sind im Detail bei ZINKE (1982) dargestellt. Die Testentwicklung kann jedoch noch keinesfalls als abgeschlossen betrachtet werden, und auch der vorliegenden Untersuchung kommt nicht zuletzt in Anbetracht einer veränderten Treatment-(Präsentationsmaterial!) und Altersstruktur eine heuristische und u. U. korrigierende Funktion zu. Gerade, weil es sich hier um eine Eigenentwicklung handelt, sollen deshalb einige zentrale Kennwerte der Validierungsstudie zu Vergleichszwecken für eine Überprüfung und eventuelle Weiterentwicklung des Testinstrumentariums an dieser Stelle aufgeführt werden:

Für die untersuchte Stichprobe ca. 14jähriger Hauptschüler (N = 32) kann unter unbeeinflußten Kontextbedingungen (keine über die einmalig präsentierte Bild-Text-Instruktion hinausgehende Zusatzinformation bei Fehlentscheidungen im BKAT) auch bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 25 % die Übereinstimmung der empirischen Verteilung der Testwerte im BKAT I sowie im BKAT II mit einer theoretisch angenommenen Normalverteilung nicht verworfen werden (Prüfgröße χ^2), d. h. für Probanden mit vergleichbaren personspezifischen Voraussetzungen (Vorkenntnisse; Lernfähigkeit; Lernalter) darf eine Normalverteilung der BKAT-Daten erwartet werden. Für die entsprechenden RT-Daten gilt dies nach den Ergebnissen der Validierungsstudie nicht.

In beiden Lernaufgaben korrelieren bei dieser Stichprobe die BKAT-Daten positiv (Rangkorrelation: R_1 = .40; R_2 = .48) und signifikant (auf dem 5 %- bzw. auf dem 1 %-Niveau) mit den als Außenkriterium herangezogenen RT-Rohpunktwerten. Kann der präsentierten Instruktion mehr Information entnommen werden (Vorkenntnisse; höheres Lernalter) bzw. wird zusätzlich Information bereitgestellt (Kontextvariation in der 2. Stichprobe; N = 28), verstärkt sich die Beziehung zwischen BKAT-Ergebnissen und Realisierungsleistung (R_1 = .53; R_2= .66) und ist durchweg hochsignifikant. Jedoch ist die Differenz der z-transformierten Korrelationskoeffizienten nicht signifikant; die beiden Stichproben können also diesbezüglich der gleichen Grundgesamtheit zugerechnet werden (zum Verfahren vgl. CLAUSS/EBENER 1971, S.249 f).
Die Kontextvariation schließlich (also ein zusätzliches Informationsangebot bei fehlerhafter BKAT-Bearbeitung) bewirkt darüber hinaus gegenüber der "kon-

textfreien" Stichprobe durchweg signifikante bis hochsignifikante Verbesserungen (Prüfverfahren: U-Test nach MANN/WHITNEY) sowohl in der RT-, als auch in der BKAT-Leistung; der BKAT ist also ein entsprechend sensibler Indikator für die Aufnahme und Verarbeitung sensomotorisch relevanter Information.
Die Kodierung der elementaren sensomotorischen Operationen als Reihung einiger weniger, in ihrer Position jeweils markanter Konfigurationen aus dem kinematographisch erfaßbaren Gesamtablauf der Bewegung kann damit durchaus als eine gültige Repräsentation einer ausführungsleitenden Bewegungsvorstellung angesehen und der BKAT insgesamt als valides Instrument zur objektivierten Registrierung der kognitiven Repräsentanz aufgenommener und verarbeiteter Lehrinformation herangezogen werden. Ein die angegebenen Zahlenwerte illustrierendes, anschauliches Beispiel für die Beziehung von Bildkarten-Auswahl-Entscheidung und Realisierungs-Leistung vermag Abbildung 15 zu vermitteln.

Allerdings bleiben einige Vorbehalte:
Die in der Validierungsstudie aufgewiesenen Korrelationen zwischen BKAT- und RT-Leistung sind in keinem Fall hinreichend, um auch nur die Hälfte der wechselseitigen Varianz beider Variablen zu erklären. Dies hat wohl einmal seine Ursache in dem relativ engen Wertebereich, in welchem die BKAT-Leistung variieren kann (11 bis 21 Rohpunkte), der durch die Konstruktionsweise des Tests vorgegeben ist und zu einer Vielzahl verbundener Ränge führt. Der Wertebereich, in dem die RT-Leistungen variieren können, ist demgegenüber eineinhalb- bis doppelt so groß. Hinzu kommt, und dies ist ein wesentliches Problem, daß der BKAT keine Unterbrechungen im Bewegungsablauf (erkennbar erst im Realisierungstest) abbildet, seien sie intentional (die in der Lehrinformation enthaltene Forderung nach kontinuierlicher Bewegungsausführung wurde nicht erkannt), seien sie einer noch wenig gefestigten Gedächtnisstruktur geschuldet (Pausensetzung während der Bewegungsrealisierung, um den weiteren Ablauf zu erinnern), oder seien sie auf aus den Realisierungsanforderungen sich ergebende, sensomotorische Regulationsschwierigkeiten zurückzuführen (z. B. aufgrund vorausgegangener, struktureller Bewegungsfehler).

Diese Beobachtung verweist auf ein weiteres Problem von grundlegender Bedeutung für die breite Verwendbarkeit des Testinstruments:
Die Funktionalität des BKAT ist an die Voraussetzung geknüpft, daß die Denotation allgemeiner begrifflicher Konzepte durch die Kombination entsprechen-

der bildlicher Darstellungen ebenso wie die Konzepte selber nicht erst erlernt werden müssen (so z. B. das Reihenbild als Ausdruck einer kontinuierlichen Bewegungsabfolge; so das Konzept des "Armkreises" als Kreisen der Bewegung der Arme in der Sagittalebene; so u. a. die bildliche Kodierung dieses Armkreises durch eine Bildfolge mit folgerichtig veränderten Arm-Rumpfwinkeln). Dies scheint für Sekundarstufenschüler und Studenten in Anbetracht der von vornherein unter dem Gesichtspunkt breiter Verwendbarkeit des Materials angelegten Diskriminierungsanalyse in etwa auch gegeben. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß insbesondere jüngere Kinder mit dem Bildkartenmaterial des BKAT inhaltliche Konzepte verbinden und auch realisieren, die so nicht intendiert waren; dies kann zu einer u. U. erheblichen Verschiebung in der Zusammenhangsstärke von BKAT- und RT-Ergebnissen führen. In einem solchen Fall wäre ggf. eine entsprechende Anpassung des Testmaterials an derartige personspezifische Voraussetzungen von Nöten.

In die gleiche Richtung weisen die Überlegungen für den Fall, daß mit der Lehrinformation von vornherein eine sensomotorische Konzeptualisierung der Körperwelle angestrebt wird, die mit der bislang (und auch für die vorliegende Untersuchung) unterlegten Struktur (vgl. 4.2.1. und 4.2.2.) konfligiert, oder wenn präsentationsseitig solche Aspekte bzw. Dimensionen der Bewegungsausführung in den Vordergrund gerückt werden, die keine Entsprechung im Testmaterial finden. In einem solchen Fall registriert der BKAT nicht nur Lücken in der Bewegungsvorstellung der Probanden, sondern vermag u. U. deren "richtige" Bewegungsvorstellung gar nicht widerzuspiegeln. Dieses Problem erwächst insbesondere aus der Verwendung dynamischer Präsentationsformen (Film; Video), die keine Schrittstrukturierung beinhalten, die oftmals Details (Realbewegung!) einer bestimmten Technikvariante (z. B. stilistische Eigenarten der demonstrierenden Person) besonders augenfällig werden lassen, und die immer komplexe Information bezüglich der dynamischen Bewegungskomponente transportieren (Spezifik der Bewegungswahrnehmung). Dieser Problembereich verlangt zweifellos noch weitere, grundlegende methodenorientierte Arbeit, tangiert jedoch nicht die vorliegende Untersuchung (Verwendung statischen, schrittstrukturierten Präsentationsmaterials!).

Schließlich können auch noch unterschiedliche Strategien des Lösungsverhaltens die Beziehungsstärke zwischen BKAT- und RT-Daten beeinträchtigen. So können z. B. selbstauferlegter Entscheidungsdruck ebenso wie ein gewisses Desinteresse der Vpn an einer hinreichenden Lösungsgüte zu vorschnellen, und

damit fehlerhaften BKAT-Entscheidungen führen, die dann im weiteren Verlauf der Bewegungsrealisierung korrigiert werden. Wenn auch das Testinstrument (BKAT) von vornherein darauf angelegt war, solche unterschiedlichen Lösungs- und Bearbeitungsstrategien deutlich zu machen und registrieren zu können, um dann entsprechende Schlüsse zu ziehen, soll dies für die vorliegende Untersuchung angesichts der hierfür noch nicht hinreichend geklärten Voraussetzungen und der noch bestehenden Schwächen im Testmaterial nicht in Erwägung gezogen werden.

Ein besonderes Problem schließlich stellt die Bestimmung der Reliabilität des Testinstrumentariums dar. In Anbetracht der Art der verwendeten Lernaufgabe erscheint eine Wiederholungsmessung zur Reliabilitätsbestimmung wenig sinnvoll. Entweder würden mit einem solchen Verfahren, insbesondere bei einem längeren Zwischenintervall, in erster Linie Aspekte der Behaltensstabilität gegriffen, oder aber es käme, in erster Linie bei kurzem Zwischenintervall bzw. bei vollständiger Wiederholung der gesamten Instruktions- und Testprozedur, zu deutlichen Lerneffekten: Präsentationsmaterial, Lernaufgabe und standardisierte Versuchsbedingungen sind so bemessen, daß - zumindest für die in der Eichstichprobe (ZINKE 1982) erfaßte Altersgruppe - nicht mit Deckeneffekten bezüglich der Lernleistung gerechnet werden kann; da das Testinstrumentarium nicht rückwirkungsfrei ist und selbst einen aufgabenspezifisch verwertbaren Informationsgehalt besitzt (Rehearsal der informationellen Bildkomponente durch BKAT-Material; aufgabenspezifische und ggf. korrekturrelevante Bewegungserfahrung durch mehrfache Bewegungsrealisierung im RT), ist bei einer Testwiederholung zumindest in einem gewissen Ausmaß mit weiteren Lerneffekten zu rechnen, die sich natürlich in einer gegenüber der Erstmessung unterschiedlichen Lernleistung niederschlagen. Ein Paralleltest in Form einer vergleichbaren Lernaufgabe und eines entsprechend aufgebauten und abgesicherten Testinstrumentariums liegt nicht vor. Auch die Testhalbierungsmethode läßt sich nicht anwenden, da die Elementaraufgaben (Bildkarten) jeweils nur im Gesamtkontext des BKAT I bzw. BKAT II im Hinblick auf die jeweilige Lernaufgabe sinnvoll zu bearbeiten sind. Gewissermaßen als Behelf wurde deshalb für jede der beiden Untersuchungsgruppen der Validierungsstudie die Rangkorrelation zwischen den im BKAT I und im BKAT II angefallenen Ergebnissen errechnet; ebenso wurden auch die Ergebnisse im RT I und RT II für jede der beiden Gruppen miteinander korreliert. Während in der kontextfreien Gruppe BKAT I und BKAT II mit .33 korrelieren, liegt in der Gruppe, deren Vpn bei

fehlerhafter BKAT-Beantwortung in begrenztem Ausmaß mit Zusatzinformationen versehen wurden, der entsprechende Korrelationskoeffizient bei .70. Dieses Ergebnis deutet auf intervenierende Lerneffekte in der erstgenannten, und auf Deckeneffekte in der letztgenannten Gruppe hin; in dieser Gruppe stellen sich ja, im Gegensatz zur kontextfreien Gruppe, die BKAT-Ergebnisse nicht normal verteilt, sondern stark rechtsschief verschoben dar. Diese Ergebnisse stützen also durchaus die zuvor getroffene, inhaltlich begründete Einschätzung zur Problematik von Reliabilitätsberechnungen bei ausgesprochenen Lerntests. Dies wird insbesondere deutlich, wenn man die entsprechenden RT-Korrelationen in die Betrachtung einbezieht: Hier fallen, praktisch unbeeinflußt vom informationellen Kontext, für beide Gruppen der Validierungsstudie Koeffizienten von .68 bzw. .63 für die Beziehung von RT-I und RT II an. Diese Werte liegen zwar noch unterhalb des allgemein für eine hinreichende Reliabilität verlangten Niveaus von .80, können jedoch für die vorliegende Art von Testneuentwicklung und in Anbetracht der testinhärenten Lerneffekte durchaus als ermutigend betrachtet werden. Wesentlich ist jedoch der Umstand, daß es, zumindest unter den für die kontextfreie Gruppe bestehenden Bedingungen, im Zuge der Realisierung der ersten Lernaufgabe und der Verarbeitung der nachfolgenden Instruktion zur zweiten Lernaufgabe (die ja die erste Lernaufgabe im Kern einschließt) offensichtlich zu beträchtlichen Umstrukturierungs- und Korrekturvorgängen im Hinblick auf das zunächst entworfene Grundraster einer ausführungsleitenden Bewegungsvorstellung kommt. Die feedback-Funktion der Realisierungstest-Komponente im Rahmen des gesamten Testablaufs darf also nicht unterschätzt werden. Die Stabilität der BKAT-Ergebnisse sinkt dagegen in dem Maße, in welchem die informationelle Unsicherheit der Vpn ansteigt, ihre Bewegungsvorstellung also unvollständig ausgebildet ist.

In Anbetracht aller dieser Überlegungen erscheint es für die vorliegende Untersuchung angebracht, für die Abschätzung der differenziellen Lernwirksamkeit unterschiedlicher Präsentationsformen (Informationsmodalitäten) ebenso wie für die Untersuchung denkbarer Zusammenhänge von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung die Ergebnisse des Realisierungstests (RT I und RT II) grundsätzlich als letztgültiges Kriterium heranzuziehen. Dabei muß, im Vergleich zum BKAT, ein geringerer Objektivitätsgrad in Kauf genommen werden, da die Datenermittlung nicht beurteilerunabhängig durch die Interaktion von Vp und Instrument selbst erfolgt, sondern immer ein Rating der Bewegungsaus-

führung einschließt. Des weiteren beinhaltet natürlich der Rückschluß von der Realisierung der sensomotorischen Lernaufgabe auf die dieser unterliegenden kognitive Repräsentanz (Bewegungsvorstellung) immer einen interpretativen Schritt, der sich im vorliegenden Fall einerseits an der Auswahl und Gewichtung der als Beurteilungskriterien herangezogenen Ausführungsmerkmale (resp. Bewegungsfehler) festmacht, und der andererseits natürlich eine theoretische Vorentscheidung bezüglich der den Bewegungsablauf konstituierenden Strukturelemente (hier gefaßt als Rekurs auf elementare sensomotorische Operationen in ihrer Funktion als regulative Einheiten) und der Bedingungen ihrer Identifikation anhand der konkreten Bewegungsausführung beinhaltet (vgl. 2.1.2.2.1., 2.1.2.3.4., 4.2.1.). Dies hat u. a. Konsequenzen für das zu veranschlagende Skalenniveau. Kann man bezüglich der BKAT-Daten aufgrund der Konstruktionsweise und Mechanik des Testinstruments durchaus von intervallskalierten Daten ausgehen, so kommt den RT-Daten streng genommen nur Ordinalskalenniveau zu, denn die regulative Bedeutung der einzelnen Ausführungsmerkmale für das Zustandekommen der Gesamtbewegung ist nicht gleich, und kann, je nach eingenommenem bewegungstheoretischen Standort (Woran bemißt sich die "gute" Bewegungsausführung?), durchaus kontrovers diskutiert werden. Als gleichwertig lassen sich die einzelnen Ausführungsmerkmale (Beurteilungskriterien) letztlich nur dann verstehen, wenn man sie jeweils als Ausdruck erinnerter, in der Lehrinformation als solche enthaltener informationeller Einheiten versteht, und von ihren regulatorischen und insbesondere biomechanischen Wechselbezügen (also allen im engeren Sinne "motorischen" Interaktionsvorgängen) absieht. Zudem bestehen Unklarheiten über die zu erwartende Verteilungsform der RT-Daten. Es sollen deshalb in der vorliegenden Untersuchung im Rahmen der Prüfstatistik, wo immer möglich, verteilungsfreie und auf Rangdaten anwendbare Prüfverfahren zur Kontrolle der zentralen Aussagen herangezogen werden. Schließlich bietet der Bezug auf die Bewegungsrealisierung noch einen weiteren Vorteil: Wie bereits angesprochen, ist der Wertebereich, innerhalb dessen die RT-Daten schwanken können, in etwa doppelt so groß wie der entsprechende Wertebereich für die BKAT-Daten, die darüber hinaus noch aufgrund der Mechanik des Testinstruments klassifiziert sind (6 Klassen). Der RT dürfte also besser geeignet sein, im Zusammenhang mit den für die vorliegende Untersuchung ins Auge gefaßten Treatmentvariationen auftretende Lernleistungsunterschiede der verschiedenen Versuchsgruppen auch tatsächlich zu diskriminieren. Das entsprechende Verfahren zur Registrierung der Bewegungsausführung soll deshalb im folgenden Abschnitt (4.4.3.) ausführlich beschrieben

werden.

Von allen diesen Überlegungen unbenommen bleibt natürlich der Versuch, dennoch vermittels des BKAT einen Zugriff zu der von sensomotorischen feedback-Effekten noch unbeeinflußten Bewegungsvorstellung zu leisten, und diese auf eventuelle Abhängigkeiten von den ins Auge gefaßten Treatmentvariationen hin zu untersuchen.

4.4.3. Zur Erfassung der Bewegungsausführung

Als Außenkriterium für die Qualität des visuomotorischen Informationsumsatzes, an welchem die in 4.4.1. und 4.4.2. beschriebenen empirischen Korrelate der visuellen Informationsaufnahme und der kognitiven Repräsentanz bemessen werden, diente in der vorliegenden Untersuchung die sensomotorische Realisation der in 4.2.1. beschriebenen Kriteriumsbewegung (Große Körperwelle) entsprechend ihrer in 4.2.2. dargestellten informationellen Kodierung. Zu ihrer Registrierung und normierten Bewertung wurde ein Realisierungstest (RT) entwickelt. Er zielt auf die Abfrage von Lerneffekten beim Neuerwerb sensomotorischer Fertigkeiten und berücksichtigt damit Vollständigkeit, Reihenfolge und die räumliche und zeitliche Koordination der definitionsgemäß zur Gesamtbewegung (hier der Körperwelle) gehörigen sensomotorischen Elementar-Operationen. Dies gilt allerdings nur in dem Ausmaß, wie diese in der aufgabenspezifischen Instruktion des Präsentationsmaterials enthalten sind (so findet z. B. die Kopfbewegung keine Berücksichtigung; vgl. 4.2.1. und 4.2.2. sowie Abbildung 5). Auch erfolgt die Bewertung überwiegend unter Strukturgesichtspunkten der Bewegung; dynamische Bewegungsparameter und allgemeine, die Ausführungsqualität kennzeichnende Bewegungsmerkmale (z. B. Krafteinsatz, Schnelligkeit, Kontinuität im Bewegungsablauf, räumliche Ausdehnung, usw., vgl. MEINEL 1977) bleiben dagegen weitgehend unberücksichtigt.

Damit reduziert sich die Bewertung der Realisierungsleistung in jedem einzelnen Testkriterium auf eine Ja-/Nein-Entscheidung. Gefragt wird also in erster Linie danach, ob der Bewegungsausführung überhaupt ein eindeutiger (in der Bewertungsvorschrift operational definierter) Hinweis auf die Gedächtnisrepräsentation der jeweiligen sensomotorischen Elementar-Operation einerseits, und

auf die Vorstellung von ihrer adäquaten, in der Lehrinformation vorgeschriebenen räumlichen und zeitlichen Verknüpfung mit den übrigen Elementar-Operationen andererseits zu entnehmen ist. Gefragt wird also nicht nach dem (objektiven, z. B. biomechanisch bzw. physiologisch zu definierenden) Stellenwert, den die einzelnen sensomotorischen Operationen und deren hier berücksichtigte Ausführungsspezifika für das Zustandekommen der gelingenden Bewegung tatsächlich haben, bzw. nach der subjektiven Bedeutung, die die Vpn den einzelnen Ausführungskomponenten in dieser Hinsicht beimessen. Damit erübrigt sich im Grunde eine unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien. Daß dennoch an einigen Stellen von einer Gleichgewichtung der Bewertungskriterien Abstand genommen wurde (Zeitfehler bei der Hüftbewegung; Richtung sowie Vollständigkeit des Armkreises), ist in dem Versuch begründet, disproportionale Verzerrungen in der zentralen Tendenz der Ergebnisse von BKAT und RT zu kompensieren; die entsprechenden Merkmale der Kriteriumsbewegung sind im Bildkartenmaterial des BKAT im Verhältnis zu den übrigen Bewegungsmerkmalen überrepräsentiert und fallen daher bei der Ermittlung des BKAT-Rohpunktwertes stärker ins Gewicht als jene.

Die Ermittlung der Rohpunktwerte erfolgt auch für den RT nach dem Prinzip der Fehlerwertanalyse: Von der aus der Summe der für die einzelnen Beurteilungskriterien aller jeweils zu berücksichtigenden Teilbewegungen (elementaren sensomotorischen Operationen) festgesetzten Gewichte sich ergebenden Gesamtpunktzahl wird jeweils die Gewichtssumme aller derjenigen Merkmale (Beurteilungskriterien) subtrahiert, die aufgrund der im konkreten Einzelfall vorgenommenen Bewertung als nicht hinreichend erfüllt gelten. Formal ergibt sich damit folgende Rechenvorschrift:

$$p = \sum_{i=1}^{l} (g(m_i) - \sum_{i \in J} f_j(m_i))$$

p ≙ Rohpunktwert

m ≙ sensomotorische Operation

g ≙ Gewichte der sensomotorischen Operation

$l = 4$ ≙ RT I

$l = 5$ ≙ RT II

J = Menge der möglichen Fehler (Kriteriumsverletzungen)

f_j = gewichteter Fehler der jeweiligen Operation

Die Bewertung selbst wird anhand einer vorgegebenen Kriterienliste auf der Grundlage von Videoaufzeichnungen mit Standbildschaltung (50 verschiedene Aufnahmen pro sec) von unabhängigen Beurteilern vorgenommen. Für die Erstellung der Kriterienliste wurden die im Zuge der Validierung des Lehrprogramms

"Große Körperwelle" gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich Auftrittshäufigkeit und -ursachen und Korrekturrelevanz entsprechender Lernfehler/Abweichungen herangezogen. Die Fehlerbestimmung ist ihrerseits an den definierten Strukturmerkmalen der Kriteriumsbewegung orientiert. Diese Merkmale sind, wie bereits mehrfach skizziert, im einzelnen charakterisiert durch eine geordnete Abfolge bestimmter räumlicher Relationen, die spezifizierte Körperpunkte im Verlauf der - korrekten - Bewegungsausführung nacheinander einzunehmen haben; in diesem Punkt ist bei der Beurteilung angesichts unterschiedlicher anatomischer, physiologischer und regulativer Ausgangsbedingungen der Vpn ein gewisser Spielraum einzuräumen. Zugleich sind die in der Lehrinformation spezifizierten "timing"-Relationen der verschiedenen Teilbewegungen zueinander und spezifischer Teilabschnitte derselben (also relativer Bewegungsbeginn und relatives Bewegungsende, nicht jedoch absolute Zeit- oder Geschwindigkeitsverläufe!) zu beurteilen; hier sind der Bewertungsgenauigkeit durch das zeitliche und räumliche Auflösungsvermögen der Videoaufzeichnung Grenzen gesetzt. Die zeitbezogenen Beurteilungsmerkmale (z. B. "Pause" bei der Hocke) dienen jedoch nicht nur als (zeitliches) Koordinationskriterium, sondern darüber hinaus auch als globaler Gradmesser für die (kognitive bzw. neuro-muskuläre) Integration der verschiedenen Teilbewegungen ("Bewegungsfluß"). Vor allem bringen die "Zeitfehler" aber auch Umstellungen in der Abfolge der sensomotorischen Elementar-Operationen gegenüber der intendierten/geforderten Lernzielstruktur zum Ausdruck (vgl. etwa Abbildung 15[)]). Insgesamt stellt das hier beschriebene Verfahren damit einen Versuch zur Konkretisierung der in der Diskussion des Strukturierungs- und Kriterienproblems (vgl. 2.1.2.2.1. und 2.1.2.2.3.) eingenommenen Position dar. Eine gewisse Kontrolle der im Beurteiler-rating immer enthaltenen subjektiven Komponente sollte für die vorliegende Untersuchung einerseits dadurch erreicht werden, daß jeweils zwei Beurteiler parallel und

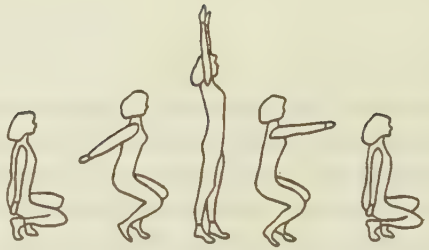
---

[)] Damit wird zugleich die Auffassung vertreten, daß sowohl die richtige Reihenfolge der einzelnen Elementaroperationen (z. B. erst Hocke, dann Hüfte, und nicht umgekehrt) als auch ihre zeitliche Integration (z. B. gleichzeitiger Beginn von Hocke und Armkreis, und nicht zeitlich versetzt) zwei selbständige kognitive Verarbeitungsschritte repräsentieren (konstruktive Komponenten sensomotorischer Konzeptualisierung) und darin die dritte Komponente, nämlich das Memorieren und die korrekte Reproduktion der einzelnen, wie auch immer zu kombinierenden Bedeutungseinheiten (d. h. die Elementaroperationen selber) voraussetzen. Alle drei Komponenten sind im verwendeten Präsentationsmaterial gesondert denotiert (vgl. insbesondere die Text-Information); dies mag sich bei dynamischen Präsentationsformen ("Vormachen";

....Fortsetzung nächste Seite...

Vp 8 (Validierungsstudie)

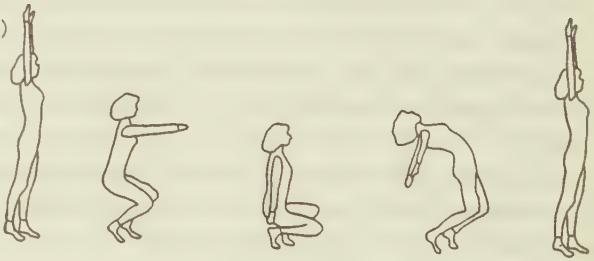
Bildkartenauswahl zu Lernaufgabe I (fehlerhaft)



Bewegungsausführung zu Lernaufgabe I (fehlerhaft)

Vp 31 (Validierungsstudie)

Bildkartenauswahl zu Lernaufgabe II (richtig)



Bewegungsausführung zu Lernaufgabe II (richtig)

Abb. 15: Entsprechung von Bildkartenauswahl (BKAT) und Bewegungsausführung (RT); Bewegungsablauf im Reihenbild von links nach rechts verlaufend; Realisierungsdarstellung vom Film abgenommen (ausgewählte Einzelbilder; vgl. ZINKE 1982, S.73f)

unabhängig voneinander die Realisierungsleistungen der Vpn ermitteln; Kennwerte zur Übereinstimmung und Stabilität der Beurteilerleistungen werden im Ergebnisteil angegeben. Andererseits war die Bewertung aller im Verlauf der Untersuchung anfallenden Realisierungen von denselben Beurteilern zu leisten. Die Beurteiler wurden überdies vor Beginn der eigentlichen Auswertung einem Trainingsdurchgang unterworfen ("Eichung").

Entsprechend der schrittstrukturierten Vermittlung der Zielbewegung wurde der RT (ebenso wie der BKAT) zweiteilig konzipiert. Die sensomotorische Umsetzung (Realisierung) der Lehrinformation zur ersten (LA I) und zweiten Lernaufgabe (LA II; vgl. 4.2.1.) wird jedesmal mit einer entsprechend modifizierten Variante (RT I bzw. RT II) überprüft, die sich allein durch das Hinzutreten des Teilkomplexes "Hüftbewegung" zum Katalog der zu beobachtenden und zu beurteilenden Merkmale im RT II unterscheiden. Die entsprechenden Kriterienkataloge sind Abbildung 16 zu entnehmen.
Hieraus resultiert eine für beide Testvarianten unterschiedliche höchstmögliche Gesamtpunktzahl (RT I = 19 Pkte.; RT II = 21 Pkte.). Da die RT-Rohpunktwerte nicht in Standardwerte umgerechnet worden sind, ist also eine direkte Vergleichbarkeit der RT I- mit den RT II-Ergebnissen nicht möglich (gleiche Punktwerte entsprechen nicht gleichen Rängen); sinnvoll sind z. Z. nur relationale Vergleiche (z. B. die Relation zweier oder mehrerer, unter verschie-

---

)Film durchaus anders verhalten. Es erscheint daher naheliegend, daß im Stadium initialen Lernens zumindest unter den vorgenannten Präsentationsbedingungen Merkmalsattribuierungen der zeitlichen Abfolge bzw. der "Gesamtkoordination" der verschiedenen Teilbewegungen im semantischen Gedächtnis in erster Linie an jeweils zwei simultan oder unmittelbar aufeinanderfolgend auszuführenden sensomotorischen Operationen festgemacht sind. D. h. an jeder Kopplungsstelle ist jedesmal erneut eine (in diesem Lernstadium wohl durchweg bwußt kontrollierte) kognitive Entscheidung über die jeweils zugleich oder nächstfolgend auszuführende Teilbewegung zu fällen. Dazu müssen die einzelnen (Bedeutungs-) Einheiten sowie deren (serielle) Anordnung bereits gelernt sein. Eine Fehlentscheidung bezüglich der konkreten Abfolge zweier Teilbewegungen (z. B. Vertauschung) ist daher nur als eine singuläre Fehlentscheidung zu bewerten, nicht jedoch als Ausdruck eines möglicherweise vollständig "anderen", in sich geschlossenen Bewegungskonzepts. Eine "globale", detailunabhängige Vorstellung von der "richtigen" Bewegung kann sich m. E. erst im Anschluß an die hier skizzierten Vorgänge (nach einiger Übung) herausbilden und stellt dann bereits einen weitgehenden Abstraktions- und Generalisierungsprozeß dar. Ober aber es muß von vornherein ein anderer informationeller Einstieg in den Lernprozeß gewählt werden, so z. B. das Anknüpfen an sprachliche Metaphern als "Abbilder" derartiger früher und in anderen Zusammenhängen vollzogener Generalisierungsvorgänge! Inwieweit ähnliches unmittelbar mit dynamischen Präsentationsformen zu erreichen, und welche andersartigen Lernprobleme damit verbunden wären, ist allerdings noch zu untersuchen.

LERNAUF-GABE I

Vp	Test-teil	Streckstellung				Hocke				End-streckstellung			Armkreis				Rohpunkt-wert
		Fuß-stellung	Arm-haltung	Zeit-fehler	kei-ne	Pau-se	Ober-körper	Zeit-fehler	kei-ne	Arm-haltung	Zeit-fehler	kei-ne	rück-wärts	halb	Zeit-fehler	kei-nen	

Fehlergewichte: 1 1 1 4 1 1 1 4 1 1 3 2 2 1 6

Maximaler Rohpunktwert bei richtiger Bewegungsausführung: 17

LERNAUF-GABE II

Vp	Test-teil	Streckstellung				Hocke				Hüfte		End-streckstellung			Armkreis				Rohpunkt-wert
		Fuß-stellung	Arm-haltung	Zeit-fehler	kei-ne	Pau-se	Ober-körper	Zeit-fehler	kei-ne	Zeit-fehler	kei-ne	Arm-haltung	Zeit-fehler	kei-ne	rück-wärts	halb	Zeit-fehler	kei-nen	

Fehlergewichte: 1 1 1 4 1 1 1 4 2 4 1 1 3 2 2 1 6

Maximaler Rohpunktwert bei richtiger Bewegungsausführung: 21

Tab. 16: Realisierungstest: Beurteilungskriterien für die Realisierung der einzelnen Teilbewegungen sowie zugehörige Fehlergewichte (bei Auftreten des Fehlers von dem jeweiligen maximalen Rohpunktwert abzuziehen)

denen Treatmentbedingungen ermittelten RT I-Ergebnisse mit der Relation zweier oder mehrerer, unter den gleichen differentiellen Bedingungen ermittelten RT II-Ergebnissen) im Hinblick auf Konstanz, Veränderung, Veränderungsrichtung und relative Größe der Veränderung der Rohpunktwert-Verhältnisse [)].

Der Realisierungstest stellt somit in seinen beiden Teilen auf die Umsetzung einer spezifischen sensomotorischen Konzeptualisierung der Körperwelle ab. Innerhalb der damit gegebenen Rahmenstruktur auftretende Veränderungen der Bewegungsausführung etwa im Verlauf zunehmender Stabilisierung und Flexibilisierung (sensomotorische Optimierung; vgl. DAUGS 1979) werden bei dieser Form der Realisierungsbewertung ebensowenig repräsentiert wie auch solche Aspekte und Dimensionen der Bewegungsausführung, die insbesondere bei der Verwendung dynamischen Präsentationsmaterials ins Auge fallen. Das mit einem solchen Wechsel in der Darstellungsform gegenüber dem in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Präsentationsmaterial zur Geltung gebrachte Zeichensystem ist syntaktisch und semantisch dicht (vgl. 2.1.2.2.2.) und nicht mehr als Symbol für eine ganze Klasse äquivalenter Bezeichnungen des "Bezeichneten" (dem informationellen Kern der Kriteriumsbewegung), sondern als singuläre, "einmalige" Darbietung anzusehen; neben den essentiellen, die ganze Äquivalenzklasse entsprechender Bewegungen definierenden Merkmalen sind in einer solchen Darstellung immer auch individuelle Besonderheiten enthalten, die vom Anfänger i. d. R. zunächst als informationell gleichrangig behandelt werden und somit seinen propositionalen Konstruktionsspielraum erheblich einengen (vgl. 2.1.2.1.4.). Im Unterschied zu dem in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Material muß der Lernanfänger bei dynamischen Präsentationsformen im Zuge des Lernprozesses zusätzlich noch einen Abstraktionsprozeß vollziehen, um den begrifflich-kategorialen Gehalt der Lehrinformation herauszuschälen. Folgerichtig rekurriert OLIVIER (1983, 1985) auch bei der Erarbeitung einer Realisierungstest-Variante für dynamische Präsentationen

---

[)] Eine Standardisierung der RT-Daten erscheint im übrigen aus folgendem Grunde noch nicht sinnvoll: Während die Einzelaufgaben des BKAT in bezug auf die Gesamttestleistung in vergleichbarer Weise als trennscharf nachgewiesen werden konnten, steht eine solche Überprüfung für die einzelnen Test- bzw. Beurteilungskriterien des RT noch aus. D. h. im Unterschied zum BKAT sind die einzelnen Testkriterien nicht notwendigerweise wesentlich oder von gleichem Gewicht für die Beurteilung der Realisierungsleistung (Bewegungsausführung) insgesamt und damit für die Ermittlung der Gesamttest-score. Die vorliegende Untersuchung soll hierzu insbesondere unter altersdifferentiellen Gesichtspunkten weitere Anhaltspunkte liefern.

der großen Körperwelle auf die möglichst genaue Reproduktion des (dynamischen) Sollwerts als Bewegungsziel. Auf diese Entwicklung soll jedoch hier nicht weiter eingegangen werden.

Insgesamt liefert also der in der hier beschriebenen Weise normierte Realisierungstest, unabhängig von Vorgängen der Bewegungsoptimierung und vom Niveau der motorischen Grundeigenschaften bei den einzelnen Probanden, ein vergleichsweise generalisiertes, bewegungsseitiges Korrelat derjenigen Komponenten der sensomotorischen Lernleistung (Ausbildung einer Begriffsstruktur), deren kognitionsseitiges Korrelat mit dem BKAT abgegriffen wird. Zur statistischen Absicherung der Beziehung zwischen RT und BKAT vgl. die in 4.4.2. gemachten Ausführungen; die dort berichteten, signifikant unterschiedlichen RT-Ergebnisse unter verschiedenen Kontextbedingungen lassen zudem trotz einer generell hohen Streuung der RT-Daten eine hinreichende Differenzierungsfähigkeit dieses Testinstruments im Hinblick auf Treatmentvariationen in einer für schulpraktische Belange relevante Größenordnung erwarten. Auch müssen die in 4.4.2. angegebenen Reliabilitätskoeffizienten (Korrelation von RT I und RT II) für den augenblicklich erreichten Stand der Testentwicklung als ermutigend angesehen werden. Es bleibt allerdings darauf hinzuweisen, daß die Beziehung zwischen BKAT und RT jeweils über die individuell in jedem Test erreichten Gesamtpunktzahlen bzw. anhand entsprechender Durchschnittswerte ermittelt wurde; die Beziehung beider Tests ist also pauschal an der jeweiligen Gesamttest-score festgemacht, eine 1 : 1 Fehlerentsprechung besteht nicht.

4.4.4. Zur Registrierung der Kurzspeicherkapazität

Die Kurzspeicherkapazität (K) wurde anhand des "Kurztest(s) für allgemeine Intelligenz KAI" (LEHRL/GALLWITZ/BLAHA 1980) ermittelt. Die entsprechenden Basisgrößen, die Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzzeitgedächtnis (C_K) und die Gegenwartsdauer (T), wurden nach diesem Testinstrument durch Buchstabenlesen sowie durch Buchstaben- bzw. Zahlennachsprechen erhoben (siehe auch Abbildung 17). Die gewonnenen Rohpunkt-Werte wurden sodann tabellarisch bzw. rechnerisch in intervallskalierte Standardwerte überführt (vgl. hierzu die Handanweisung zum KAI). Der Kurzspeicher $K = C_K \cdot T$ (bit) entspricht der während einer Gegenwartsdauer bewußt verfügbaren Information.

Kurztest für Allgemeine Intelligenz
KAI (Grundform)

Name: . . . . . Geburtsdatum: . . . . . .

Beruf: . . . . . Bemerkungen: . . . . . .

Testleiter: . . . . . Datum: . . . . . .

Buchstaben-Lesen — 1/10 sec

1. u n r z t r f e p k b v d s n i l d m r . . . . . .
2. ! P L Z M B E O A E H I O A Z T L E A V . . . . . .
3. m j z t f r d s l h d o l t k g d w r i . . . . . .
4. E C X S B T L K E O G F D E A V I M H P . . . . . .

BuL

Zahlen-Nachsprechen	Punkte	Buchstaben-Nachsprechen	Punkte
2 5 . . . . . (1)		A M . . . . . (1)	
4 9 7 2 . . . . . (2)		O B X K . . . . . (2)	
3 1 8 6 2 5 . . . . . (3)		B K F S W I . . . . . (3)	
5 2 9 4 3 7 2 8 . . . . . (4)		P L D O R F T I . . . . . (4)	
4 1 6 3 5 2 7 1 4 8 . . . . . (5)		D M C X E F M R B T . . . . . (5)	
1 9 3 5 2 7 9 2 5 1 4 6 . . . . . (6)		V A T N B L C X F H L D . . . . . (6)	
3 8 6 1 5 2 9 7 4 8 3 1 9 5 . . . . . (7)		S Q A P X O K G F P M L Z R . . . . . (7)	
4 7 5 8 6 9 1 3 6 2 7 5 8 3 9 1 . . . . . (8)		H N E B M X U D J B K V S W B Q . . (8)	
3 7 2 9 6 1 5 8 3 8 2 5 9 7 3 6 1 4 . . . (9)		K F X T P M R V G L Q B N F S X D R . (9)	

ZN | ZN_k | BN | $\frac{ZN_k + BN}{2}$

Bestimmung der Intelligenzklasse . . . . . —

© 1980 Copyright by "Vless" Verlagsgesellschaft m.b.H., Vaterstetten-München

Abb. 17: Personenbogen zum KZS-Test (Buchstabenlesen ≙ Zuflußgeschwindigkeit; Zeichen-Nachsprechen ≙ Gegenwartsdauer)

Eine ausführliche Beschreibung des Testinstrumentariums, seiner Handhabung, seiner Einsatzmöglichkeiten und seines theoretischen sowie experimentellen Hintergrundes ist dem ausführlichen Manual zum "Kurztest für allgemeine Intelligenz" sowie der dort angegebenen Literatur zu entnehmen. Für diesen u. a. für klinische Zwecke mitsamt einer entsprechenden Parallelform entwickelten Test liegen mittlerweile Kennwerte zu nach sehr unterschiedlichen Bedingungen zusammengestellten Personenstichproben vor; auch korrelieren die KAI-Daten durchweg hoch mit anderen gängigen Intelligenztest-Ergebnissen.

Es bleibt allerdings anzumerken, daß dieser Test bisher noch nicht bei Kindern eingesetzt worden ist. Dies wird in der vorliegenden Untersuchung zum ersten Mal unternommen. Dementsprechend liegen für die hier untersuchte Altersgruppe der Kinder auch keine Richtwerte und Standardisierungsvorgaben, aber auch keine Vergleichswerte zu anderen Testverfahren vor. Dies ist im Hinblick auf die Altersstabilität der Testergebnisse des KAI nicht unproplematisch: So ist zu vermuten, daß die Testergebnisse mit sinkendem Lebensalter zunehmend vom Grad der Lesefähigkeit mitbeinflußt werden; je jünger die Probanden sind, desto stärker tritt also der Stand der aktuellen Lesesozialisation gegenüber der Erfassung der formalen Kurzspeicherkapazität als biologischer Grundgröße in den Vordergrund und stellt somit eine ernstzunehmende Störvariable dar. Dies ist jedoch für die Zwecke der vorliegenden Untersuchung (Herstellung vergleichbarer Untersuchungsgruppen und Bestimmung einer interindividuell differenzierenden Grundgröße der Informationsaufnahme- und -verarbeitungskapazität) insofern nicht von Nachteil, als ja genau dieses Kriterium als Erklärungsmoment zu möglichen altersdifferentiellen Modalitätspräferenzen und Präferenzwechseln, sowie zu möglicherweise unterschiedlichen Lernwirksamkeiten textbasierter Lehrinformation in verschiedenen Altersgruppen herangezogen werden soll.

4.4.5. Zur Datenarchivierung und weiteren statistischen Bearbeitung

Die Meßergebnisse zum Blickverhalten und die jeweiligen Teilbewertungen (Rohpunkte) der einzelnen Grundgrößen von BKAT, RT und KAI wurden auf Urlisten festgehalten. Personenangaben und die anhand von Urlisten und Tabellen rechnerisch für jede Vpn ermittelten Basisdaten zum Blickverhalten, zur

Lernleistung und zur Kurzspeicherkapazität wurden auf Personenbögen festgehalten (vgl. Abbildung 18) und nach Abspeicherung auf Disketten einer weiteren statistischen Verrechnung zugeführt. Die statistische Software wurde in Basic auf der Grundlage der bei CLAUSS/EBNER (1971), BORTZ (1979), SACHS (1974), WILLIMCZIK (1975) und GAENSSLEN/SCHUBÖ (1973) angegebenen rechnerischen Verfahren erstellt (ROCKMANN 1982). Als Rechenanlage diente ein Microcomputer mit Z-80 B-Prozessor und CP/M-Betriebssystem, Erweiterung PCP/MI. Urlisten, Personenbögen und Disketten sind archiviert am Institut für Sportwissenschaft der Freien Universität Berlin.

Für den inferenzstatistischen Zugriff wurden im Hinblick auf den mehrfaktoriellen Versuchsplan (4.1.) und die dort entsprechend der Fragestellung vorgesehenen Treatmentvariationen in erster Linie varianzanalytische Verfahren vorgesehen. Der Rechenansatz stellt damit ab auf die Signifikanzprüfung von Unterschieden in der zentralen Tendenz von Blickverhaltens- und Lernleistungsvariablen zwischen den verschiedenen Untersuchungsgruppen; deren Vergleichbarkeit hinsichtlich der personspezifischen Voraussetzungen wird nach dem gleichen Verfahren festgestellt.

Nach BORTZ (1979, S 347 ff., S. 400) gilt die ein- und mehrfaktorielle Varianzanalyse als ausgesprochen robust gegenüber Verletzungen der Anwendungsvoraussetzungen wie Normalverteilung der Fehlerkomponenten der einzelnen Treatmentstufen und Homogenität der Fehlervarianz in den einzelnen Stichproben, wenn nur die Zellenbesetzungen hinreichend groß sind ($n_i > 15$; ebenda S. 348). Dies ist in der vorliegenden Untersuchung der Fall. Auf die Durchführung des BARTLETT-Tests zur Überprüfung der Varianzhomogenität wurde daher verzichtet; jedoch wurde die Normalverteilung der Meßwerte in den einzelnen Stichproben vor allem für die zentralen Lernleistungskriterien abgeschätzt, wo insbesondere bei Erwachsenen von vornherein mit stark schiefen Verteilungsformen zu rechnen ist (Deckeneffekte!). Die entsprechenden datenspezifischen Charakterisierungen der einzelnen Stichproben (Verteilungsform, Mittelwerte, Varianzen) sind dem Ergebnisteil (5.5.1. und 5.5.2.) zu entnehmen. Weiterhin wurden, um die Unabhängigkeit der Fehlerkomponenten nicht infrage zu stellen, Kinder und Erwachsene in entsprechenden Rechnungsgängen einfaktorieller Varianzanalysen grundsätzlich nicht zusammengefaßt.

Dieses Problem tritt jedoch gemäß dem vorliegenden Untersuchungsplan bei mehr-

	Personen - Code	laufende Nummer	Lernschritt	Präsentationsmodus	Alter
Versuchsperson	1030	9	I	Bild / Text	14

	MF Zeit (sec)	LS - Zeit (sec)	Fix Zeit (sec)	Fix - Häufigkeit	Fix Dauer (sec/100) (durchschnittl.)	BKAT	RT	KAT
Bild			5,12	39	13 13	15	14	
Text			2,70	22	12,27			C_K 22
Ohne Informationsaufnahme								T 7,55
Gesamt 9 56			7,82	61	12,82			K 167,8

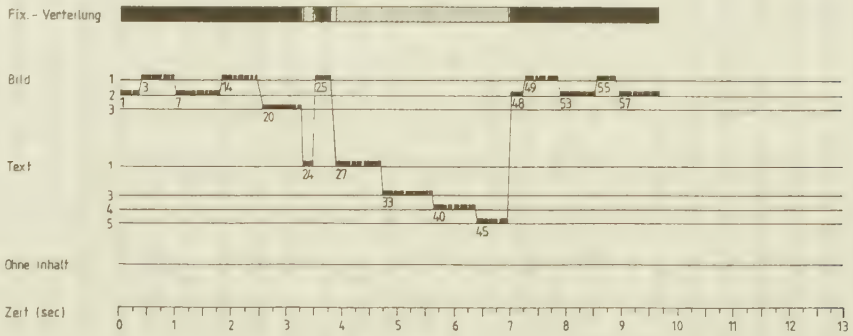


Abb. 18: Personenbogen mit allen zur weiteren Verrechnung erforderlichen Grunddaten

faktoriellen varianzanalytischen Ansätzen auf. Außerdem sind die Zellenbesetzungen (zumindest bei den Kindern) nicht gleich groß[)]. Statt nun hier zu Datentransformationen zu greifen, wurden stattdessen grundsätzlich alle für die Fragestellung der Untersuchung zentralen Aspekte für jede Altersstufe gesondert zusätzlich mit einer verteilungsfreien, einfaktoriellen Varianzanalyse durchgerechnet (H-Test nach KRUSKAL-WALLIS; LIENERT 1973, S. 263 ff). Entsprechend wurde zur Berechnung der Kontraste und Einzelpaarvergleiche neben dem SCHEFFE-Test der verteilungsfreie U-Test (MANN/WHITNEY) eingesetzt.

Diese Vorgehensweise dient dabei zugleich der Kontrolle der zur Skalenqualität gemachten Annahmen. Besteht über das Skalenniveau der KZS- und BBR-Daten sowie des Lebensalters kein Zweifel (mindestens Intervallskalenniveau), und kann für die BKAT-Ergebnisse die Annahme der Intervallskalenqualität theoretisch relativ stringent gerechtfertigt werden (vgl. 4.4.2.), so ist diese Annahme für die RT-Daten zumindest beim derzeitigen Stand der Testentwicklung (vgl. 4.4.3.) nicht unproblematisch. Gerade die RT-Ergebnisse repräsentieren aber in der vorliegenden Untersuchung die entscheidenden Treatment-Effekte auf der Bezugsebene des "harten" Außenkriteriums.

Bezüglich der entscheidenden Problemstellen wurde das anfallende Datenmaterial daher in der oben beschriebenen Weise sowohl mit den für Intervalldaten vorgesehenen Verfahren, als auch mit den entsprechenden verteilungsfreien und für ordinale Daten angemessenen Verfahren ausgewertet. Damit wird zugleich auch der wiederholt verletzten Normalverteilungsvoraussetzung Rechnung getragen. Kann eine so geprüfte Hypothese aufgrund beider Verfahren in gleicher Weise entschieden werden, erübrigen sich nach BORTZ (1979, S. 156) weitere Spekulationen über die Angemessenheit der zur Auswahl stehenden Verfahren. Führen beide Verfahren jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen, werden in der Interpretation die Resultate desjenigen Verfahrens herangezogen, welches weniger Anforderungen an Skalenqualität und Verteilungsform des erhobenen Datenmaterials bestellt.

Dies gilt in gleicher Weise für das Vorgehen in solchen Fällen, in denen zur Klärung bestimmter Teilfragen nur jeweils zwei Teilgruppen des Untersuchungsguts (Untergruppen; Zusammenfassungen mehrerer Treatmentstufen) auf Unterschiede in der zentralen Tendenz zu prüfen waren. Hier wurden jeweils sowohl der T-Test als auch der U-Test zur Anwednung gebracht, wenn die Anwendungsvor-

---

[)] Gerechnet wurdenin diesen Fällen Varianzanalysen mit dem harmonischen Mittel aller Stichprobenumfänge.

aussetzungen für parametrische Verfahren unklar schienen. Im übrigen sei an dieser Stelle auf die von BORTZ (1984, S. 124 f.) im Hinblick auf das Messen mit rating-Skalen zitierten Befunde verwiesen, die eindrucksvoll belegen, daß parametrische Verfahren auch dann zu korrekten Entscheidungen führen, wenn das untersuchte Zahlenmaterial nicht exakt intervallskaliert ist. Statistische Entscheidungen bleiben von der Skalenqualität des untersuchten Zahlenmaterials hiernach weitgehend unbeeinflußt. Diese Unbedenklichkeit kann allerdings nicht ohne weiteres auch auf inhaltliche Interpretationen ausgedehnt werden.

Die Prüfung der statistischen Hypothesen erfolgte grundsätzlich zweiseitig. Zwar sind die den statistischen Hypothesen zugrundeliegenden Arbeitshypothesen (vgl. 3.) zumeist gerichtet formuliert. Jedoch sind entgegen der Voraussagerichtung ausfallende Ergebnisse theoretisch nicht auszuschließen. In Anbetracht der dürftigen empirischen Datenausgangslage scheint daher insgesamt ein konservativer Prüfansatz geboten. Der einseitige Prüfansatz wurde nur dann bei entsprechender Untergruppenbildung angewandt, wenn zuvor anhand des zweiseitigen Ansatzes für die interessierende Variable die Ergebnisrichtung, bezogen auf die gesamte Untersuchungspopulation, bereits eindeutig festgelegt werden konnte.

Die optimale Stichprobengröße (Zellenbesetzung) wird bei varianzanalytischen Untersuchungen gewöhnlich von der Größe der (erwarteten) Unterschiede abhängig gemacht, die auf einem bestimmten Signifikanzniveau abgesichert werden sollen. Für die vorliegende Untersuchung wurde jedoch eine andere Orientierungsgröße gewählt: Unterrichtstechnologisch relevant sind die erwarteten Unterschiede jeweils dann, wenn sie für die in Klassenverbänden und Lerngruppen (Sportverein, Volkshochschule, etc.) normalerweise zu veranschlagenden und durch institutionelles Reglement festgelegten Gruppengrößen zu Buche schlagen. Diese bewegen sich für den Bereich der BRD in der Größenordnung von 20 bis 30 Personen. Es wird damit in Kauf genommen, daß u. U. tatsächlich vorhandene hypothesenkonforme Effekte nicht gesichert werden können, dies umso mehr, als insbesondere die Lernleistungsdaten interindividuell erheblich streuen.

Aus diesen Überlegungen heraus wurde auch eine exakte Parallelisierung der Personenstichproben nicht für notwendig erachtet; als Parallelisierungskriterium dienten in der vorliegenden Untersuchung vergleichbare Mittelwerte und Streu-

ungen der Variablen "Alter" und "KZS-Kapazität". Das entscheidende Parallelisierungskriterium ist den theoretischen Vorüberlegungen entsprechend in der vorliegenden Untersuchung die KZS-Kapazität; bezüglich dieser Variable sollen die einzelnen Stichproben in jeder Altersgruppe dann als vergleichbar gelten, wenn in einer einfaktoriellen Varianzanalyse bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 25 % die Nullhypothese beibehalten werden muß. Die Variable Alter dagegen wird, insbesondere für die Gruppe der Erwachsenen, demgegenüber als nachrangig betrachtet; hier soll die Beibehaltung der Nullhypothese in einer einfaktoriellen Varianzanalyse bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % als Vergleichbarkeitskriterium genügen. Stünde nicht der Verwertungsgesichtspunkt im Vordergrund, und wollte man in erster Linie die theoretischen Grundannahmen überprüfen, wäre an dieser Stelle wohl anders zu verfahren (größere Stichproben; vollständige Homogenisierung; konsequente Parallelisierung).

Eine gewisse Kontrolle der möglicherweise dennoch gegebenen Einflüsse der Variabilität von Alter und KZS-Kapazität innerhalb und zwischen den altersgruppenspezifischen Stichproben auf die Ausprägung des Blickverhaltens und auf die Lernleistung wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit dem weiter unten beschriebenen, korrelationsstatistischen Ansatz versucht.

Davon abgesehen, lassen sich jedoch mit dem varianzanalytischen Untersuchungsdesign, wie bereits mehrfach erwähnt (vgl. u. a. 3.3.), einige Problemaspekte statistisch grundsätzlich nicht bearbeiten. Dies betrifft vor allem Fragen nach der Bedeutung gradueller Ausprägungsdifferenzen der verschiedenen quantitativ bestimmten Merkmale des Blickmusters im Hinblick auf die Lernleistung, aber auch Fragen nach dem Zusammenhang der gruppenspezifischen Variabilität personspezifischer Merkmale wie Alter und KZS-Kapazität mit entsprechenden Ausprägungsunterschieden einzelner Blickverhaltenskomponenten einerseits und einer graduellen Abstufung der Lernleistung andererseits. Insbesondere für die abhängigen Variablen (Blickverhalten; Lernleistung) läßt sich mit dem gewählten Untersuchungsdesign vorab keine klare Abstufung im jeweiligen Ausprägungsgrad veranschlagen; es fallen im Gegenteil in beträchtlicher Variationsbreite graduell abgestufte Ausprägungsunterschiede an. Der entsprechende Rechenansatz muß also prüfen, inwieweit die Ausprägungsdifferenzen verschiedener Variablen in einer systematischen Beziehung zueinander stehen; er ist damit korrelationsstatistischer Art.

Nach den vor allem in 2.3. und 2.4. dargestellten theoretischen Vorüberlegungen und empirischen Befunden sind vielfältige Interkorrelationen der entsprechenden Variablen und ein Zusammenwirken immer mehrerer Größen (Prädiktoren) gleichzeitig am Zustandekommen einer bestimmten Lernleistung (Kriterium) anzunehmen. Als entsprechendes multivariates Verfahren wurde deshalb die multiple Korrelation herangezogen. Als im Kontext der Problemstellung entscheidende Kriteriumsvariable fungierte letztendlich die RT-Leistung (relevantes Außenkriterium).

Anders als zumeist üblich ging es hier nicht lediglich darum, die Höhe der Kriteriumsvorhersage anhand des jeweiligen Prädiktorensatzes zu bestimmen. Vielmehr galt es vor allen Dingen zu entscheiden, ob einzelne bestimmte Prädiktoren (hier die jeweils verschiedenen quantitativen Blickverhaltens-Komponenten, das Lebensalter und die KZS-Kapazität) für sich genommen überhaupt einen überzufälligen, also signifikanten Beitrag zur Vorhersagbarkeit des Kriteriumswertes einer Person leisten, und wie hoch dieser Beitrag im Verhältnis zu den übrigen Prädiktoren einzustufen ist.

Ist die erste Frage (Liefert der gewählte Prädiktorensatz eine überzufällige Kriteriumsvoraussage in befriedigender Höhe ?) anhand der inferenzstatistischen Absicherung und der Höhe des multiplen Korrelationskoeffizienten (mult. r) zu entscheiden, der die Korrelation zwischen den anhand der Prädiktoren vorhergesagten Kriteriumswerten und den tatsächlichen, empirisch ermittelten Kriteriumswerten darstellt mult. $r^2 \times 100$ schätzt hiernach denjenigen Teil der Varianz der Kriteriumsvariablen, der von den Prädiktoren vorhergesagt werden kann), so ist die zweite Frage, nämlich die nach der relativen Wichtigkeit der einzelnen Prädiktoren für diese Vorhersage, mit dem genannten Verfahren nicht so einfach zu beantworten. Zwar lassen sich die Standardpartialregressionskoeffizienten (Beta-Gewichte) auf Signifikanz prüfen. Deren Interpretation ist jedoch angesichts verschiedenartiger Suppressionseffekte (vgl. BORTZ 1979, S. 597 ff.), welche Vorzeichen und Höhe der Beta-Gewichte beeinflussen, recht problematisch, und eine Identifizierung von Suppressorvariablen erscheint bei der Variablenzahl der vorliegenden Untersuchung ($p > 3$) ausgesprochen schwierig.

Statt diesen Weg weiterzuverfolgen, wurden in der vorliegenden Arbeit daher einerseits die Regressionsfaktorstrukturkoeffizienten (RFSK) berechnet, die als Quotienten zwischen den Vektoren der einzelnen Prädiktor-Kriteriums-Kor-

relationen und der multiplen Korrelation definiert sind, und die eine Bestimmung des Kriteriumsvarianzanteils durch den jeweiligen spezifischen Prädiktor im Vergleich zu dem durch alle Prädiktoren erklärten Varianzanteil ermöglichen. Ihre Interpretation ist also insgesamt weniger problematisch als die der Beta-Gewichte (BORTZ 1979, S. 606 f.). Andererseits wurde versucht, mit einer schrittweisen multiplen Korrelation in bezug auf die RT-Leistung (Kriterium) einen kleinen Satz vorhersagekräftiger Variablen aus der Gesamtzahl der Prädiktoren herauszufiltern, der trotz der Reduktion noch eine Reproduktion der ursprünglichen Vorhersageergebnisse gestattet (vgl. GAENSSLEN/SCHUBÖ 1973, S. 113 ff.). Anhand der schrittweisen Vorgehensweise läßt sich nicht nur entscheiden, welcher Prädiktor jeweils einen eigenständigen signifikanten Beitrag zur Kriteriumsvorhersage leistet, sondern aus der Reihenfolge der Variablenaufnahme in die Regressionsgleichung läßt sich - mit Vorbehalten - auch auf die Gewichtung der Einzelvariablen schließen (In absteigender Reihenfolge werden jeweils die Prädiktorvariablen mit der höchsten Kriteriumskorrelation auspartialisiert.). Der Vorbehalt gilt auch hier wegen der anzunehmenden Nicht-Orthogonalität der Variablensätze (vgl. GAENSSLEN/SCHUBÖ 1973, S. 121). Streng genommen ist hiernach keine Aussage darüber möglich, in welchem Maße die verschiedenen Prädiktoren für sich genommen für die Bestimmung der Kriteriumsvariblen in der Stichprobe bedeutsam sind. Wegen der üblicherweise damit verbundenen Interpretationsprobleme soll im Rahmen der vorliegenden Untersuchung das Hauptkomponenten-Verfahren zur entsprechenden Datentransformation (Orthogonalisierung) nicht herangezogen werden. Entscheidend war jedoch vor allem die Überlegung, daß ja gerade der Einfluß der konkreten empirischen Prädiktoren auf die Lernleistung zur Debatte steht, nicht aber eine Datenreduktion als solche, oder etwa die Auffindung von den empirischen Variablen zugrundeliegenden "Faktoren" . In jedem Fall werden daher bei der Interpretation der Ergebnisse, neben der Signifikanzentscheidung, sowohl die Prädiktorenreihenfolge (schrittweise Regression) als auch die Struktur-Koeffizienten berücksichtigt werden müssen; d. h. aber, daß einerseits u. U. auch Suppressor-Variablen [)] einbezogen werden können, und daß andererseits Aussagen über die Beziehung zwischen Prädiktoren und Kriteriumsschätzung, nicht aber zwischen Prädiktoren und Kriterium getroffen werden (GAENSSLEN/SCHUBÖ 1973, S. 121).

[)] Suppressorvariablen sind solche Prädiktoren, die einen hohen Vorhersagewert besitzen, obwohl sie mit dem Kriterium nahezu unkorreliert sind; sie partialisieren jedoch aus anderen, tatsächlichen Prädiktoren Störvarianz aus und tragen somit insgesamt zu einer Erhöhung der multiplen Korrelation bei.

Den theoretischen Vorannahmen und der konkreten Anlage der Untersuchung entsprechend wird im vorliegenden Fall nicht das regressionsanalytische Modell, sondern das korrelationsanalytische Modell zugrunde gelegt. Für die inferenzstatistische Absicherung der multiplen Korrelation wird damit lediglich die Liniarität in den Beziehungen zwischen Prädiktoren und Kriterium vorausgesetzt (dabei ist der Fehler mit homogener Varianz normal verteilt); Verteilungsannahmen müssen nicht gemacht werden (vgl. GAENSSLEN/SCHUBÖ 1973, S. 108, S. 48). Bezüglich einer möglichen Problematisierung des Skalenniveaus der Lernleistungsdaten sei nochmals auf den bereits zitierten Hinweis von BORTZ (1984, S. 124) verwiesen. Vorbehaltlich der Linearitätsvoraussetzung (vgl. hierzu die Streuungsdiagramme in 5.5.4.) erscheint also die Anwendung der multiplen Korrelation auf das vorliegende Datenmaterial grundsätzlich vertretbar. Erinnert sei in diesem Zusammenhang jedoch nochmals an die durch das Testinstrument vorgegebene Klassifizierung der BKAT-Daten in sechs Zwei-Punkte-Schritten. Die hiermit verbundene Einschränkung der Abbildungsmöglichkeit tatsächlich vorliegender Differenzierungen läßt u. U. tatsächlich gegebene korrelative Zusammenhänge nicht deutlich werden. Zudem ist die Skalierung der Testinstrumente nach oben nicht offen (Vollständigkeitskriterium!); d. h. ein Auftreten von Deckeneffekten bei der Lernleistung führt u. U . zur Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung der Fehlervariablen X_e. Diese Probleme müssen jedoch, ebenso wie die mit der anzunehmenden Nicht-Orthogonalität der Prädiktorvariablen verbundenen, in Kauf genommen werden. Eine Interpretation der Ergebnisse hat daher entsprechend zurückhaltend zu erfolgen. Dagegen ist die Unabhängigkeit der Fehlerwerte (vgl. GAENSSLEN/SCHUBÖ 1973, S. 46) im Prinzip durch den Versuchsplan bereits weitgehend sichergestellt (getrennte Datensätze für unterschiedliche Altersgruppen und unterschiedliche Meßdurchgänge).

Ein besonderes Problem stellt jedoch die starke Stichprobenabhängigkeit der multiplen Korrelation dar. Der hieraus resultierende Fehler ist nicht zufällig, sondern führt tendenziell zu einer Überschätzung des tatsächlich in der Population bestehenden Zusammenhangs zwischen den Variablen. Diese Überschätzung ist umso größer, je mehr Prädiktoren verwendet werden, und je kleiner die Stichprobe ausfällt. Diesem Fehler wird in der vorliegenden Untersuchung einmal mit der Reduktion des Prädiktorensatzes vermittels der schrittweisen multiplen Korrelation, andererseits mit dem Rekurs auf die jeweils größtmögliche Teilstichprobe für den korrelationsstatistischen Ansatz entgegengewirkt. Das Verfahren der Kreuzvalidierung zur Korrektur und Absicherung der korrelationsstatistischen Ergebnisse wird im vorliegenden Fall nicht gewählt, da eine zu

diesem Zwecke vorzunehmende Stichprobenhalbierung auf zu kleine Gruppengrößen führen würde. Die beste Lösung des Regressionsproblems ist nach GAENSSLEN/SCHUBÖ stets die, welche auf der größtmöglichen Stichprobe beruht. Über die Stabilität der Ergebnisse der multiplen Korrelation lassen sich also anhand der vorliegenden Arbeit keine definitiven Angaben machen. Eine gewisse Korrektur der nicht erwartungstreuen Schätzung für mult. r kann jedoch mit der bei GAENSSLEN/SCHUBÖ (1973, S. 114) angegebenen "Schrumpfungsformel" vorgenommen werden, die eine näherungsweise erwartungstreue Schätzung liefert.

Im übrigen wurden die schrittweisen multiplen Korrelationen jeweils möglichst bis zum Ende durchgerechnet, da nach GAENSSLEN/SCHUBÖ (ebenda S. 118 ff.) einzelne Prädiktoren aufgrund von Suppressoreffekten u. U. erst ganz zum Schluß aufgenommen werden und sich dennoch als signifikant erweisen.

Während schrittweise multiple Korrelationen nur mit der RT-Leistung als Kriteriumsvariable durchgeführt wurden, wurden multiple Korrelationen insgesamt auch für die BKAT-Leistung als Kriteriumsvariable gerechnet.

Auf die Interpretationsprobleme wurde bereits verwiesen. Diese Berechnungen erfolgten u. a. auch noch getrennt für beide genannten Kriteriumsvariablen, um auf diese Weise strukturelle Unterschiede berücksichtigen zu können. Abgesehen davon ist ein Computerprogramm für eine schrittweise multivariate Regressionsanalyse (kanonische Korrelation) m. W. nicht vorhanden. Gerechnet wurde also in jeder Altersgruppe (Kinder bzw. Erwachsene) und dort jeweils für jede Lernaufgabe (LA I bzw. LA II) erstens eine schrittweise multiple Korrelationsanalyse bezogen auf die RT-Leistung als Kriterium (die jeweilige BKAT-Leistung fungiert als einer der Prädiktoren), zweitens eine multiple Korrelation bezogen auf die jeweilige RT-Leistung als Kriterium (die jeweilige BKAT-Leistung ist nicht unter den Prädiktoren), drittens eine multiple Korrelation bezogen auf die jeweilige BKAT-Leistung als Kriterium (die RT-Leistung ist nicht unter den Prädiktoren).

Sollten sich bestimmte Prädiktoren korrelationsstatistisch als bedeutsam erweisen, so wäre dies Anlaß, sie künftighin bei der Prüfung von Unterschiedshypothesen kovarianzanalytisch mitzuberücksichtigen.

Vergleiche von (nominalen) Häufigkeitsverteilungen und klassifizierten (Ordi-

nal-) Daten schließlich wurden mit Hilfe von Vier- bzw. Mehr-Felder-Kontingenzberechnungen durchgeführt (Prüfgröße: χ^2).

Als ausreichendes Signifikanzniveau zur Entscheidung der statistischen Hypothesen wurde generell eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\ \%$ angesetzt.

4.4.6. Zur Problematik testtheoretischer Gütekriterien im Rahmen der vorliegenden Untersuchung

Um sie überhaupt einer experimentellen Verarbeitung zugänglich machen zu können, sind die für das Problemfeld der Medienvisualisation im Sport zentralen Eingriffsstellen in den visuo-motorischen Informationsumsatz in der oben beschriebenen Weise operationalisiert worden (4.4.1.; 4.4.2.; 4.4.3. sowie 4.2.). Diese Operationalisierungen erfolgten jeweils in engem Wechselbezug mit einer ausführlichen Begriffs- und Bedeutungsanalyse der jeweils zu definierenden Sachverhalte (vgl. u. a. 2.1.2.2. sowie 2.3.4.4.). Die insbesondere für die statistische Bearbeitung relevanten meßtheoretischen und meßmethodischen Probleme wurden bei der Darstellung der einzelnen Erfassungsinstrumente bereits erwähnt. Sie erscheinen insgesamt nicht als gravierende Beeinträchtigung der geplanten Verrechnungen und der darauf aufbauenden Interpretation.

Etwas anders sind die in der Beschreibung der Erfassungsinstrumente von Blickverhalten, Bewegungsvorstellung und Bewegungsrealisierung deutlich gewordenen Einschränkungen bezüglich der Testgütekriterien zu bewerten. Kann nämlich auf der einen Seite durch die Entscheidung für das Design einer experimentellen Laboruntersuchung sowohl eine hohe interne Validität als auch eine weitgehende Durchführungsobjektivität sichergestellt werden - der Untersuchungsablauf ist normiert und erfolgte unter konstanten Laborbedingungen (vgl. 4.5.), Testanweisungen und sonstige Verhaltensinstruktionen sind standardisiert (vgl. Anhang), so geht dagegen in die Datengewinnung der Blickbewegungsregistrierung und der Realisierungsleistung eine nicht zu unterschätzende subjektive Komponente ein. Um den darin beschlossenen Fehler im Rahmen der vorliegenden Untersuchung möglichst konstant zu halten, wurde daher einerseits die in beiden Fällen vorzunehmende Umsetzung von Video-Objektivationen in verrechnungsfähige Daten (Bestimmung von Fixationen und Sakkaden sowie Entscheidung von Be-

wegungsfehlern) durchweg von ein und derselben Person vorgenommen. Andererseits wird, um die Größenordnung dieses Fehlers der Auswertungsobjektivität abschätzen zu können, in beiden Bereichen ein jeweils hinreichendes Daten-Sample zusätzlich von einem zweiten, unabhängigen Beurteiler erhoben und mit den entsprechenden, in der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegten Daten korreliert (vgl. 5.5.3.).

Ebenso werden, ein Jahr nach Abschluß der Datenaufnahme und -aufbereitung in der Hauptuntersuchung, entsprechende Daten-Sample nochmals von dem ursprünglichen Beurteiler erhoben; ihre Korrelation mit den jeweils entsprechenden Untersuchungsdaten - Samples gibt Aufschluß über die Reliabilität ("Stabilität") der einzelnen Beurteilerentscheidung bei der Blickbewegungsregistrierung und der Realisierungsbewertung.

Grundlegende Probleme der Validität der BBR-Daten (Fixation oder Artefakt?) wurden bereits in 2.3.4.4. unter dem Gesichtspunkt des Anlagenrauschens, der jeweils anzulegenden Fenstergröße und des Umfangs der zur Bestimmung des Fixationsbeginns herangezogenen Meßwertcluster (bzw. der festgelegten Mindestfixationsdauer) ausführlich diskutiert. An dieser Problematik ist unter den gegebenen Versuchsbedingungen grundsätzlich nichts zu ändern; sich hieraus möglicherweise bei der Dateninterpretation ergebende Konsequenzen lassen sich erst nach einer Retrospektive des gesamten, in der vorliegenden Untersuchung zur Blickbewegungsregistrierung angefallenen Datenmaterials darlegen und entscheiden. Die Validität des RT dagegen ist unmittelbar gegeben: Seine standardisierten Beurteilungsmerkmale fallen per Definitionem mit dem Außenkriterium zusammen. Seine Resultate entsprechen, meßfehlerbehaftet (subjektive Beurteilung der Videoaufzeichnung) direkt dem Ausprägungsgrad des untersuchten Merkmals. Dieses Verfahren entspricht damit im wesentlichen den Annahmen der klassischen Testtheorie. Im Unterschied dazu ist der BKAT als probalistischer Test aufzufassen. Seine Konstruktion beruht letzten Endes, wie in 4.4.2. beschrieben, auf der Beziehung zwischen den Lösungswahrscheinlichkeiten der einzelnen Testitems und dem Ausprägungsgrad des Außenkriteriums (Bewegungsrealisierung) bei den untersuchten Probanden. Die vom BKAT in verschiedenen Ausprägungen indizierte Bewegungsvorstellung hat damit den Charakter einer latenten Dimension. Die bei BORTZ (1984, S. 142) unter Bezugnahme auf RASCH (1960) angegebenen Annahmen für das probalistische Testmodell können nach 4.4.2. im Hinblick auf den BKAT im wesentlichen als gegeben und teilweise überprüft angesehen werden. Da jedoch bei dieser Art von Tests die Meßgenauigkeit bei gegebenem Itemsatz

vom Fähigkeitsniveau der untersuchten Personen abhängt, bereitet, wie schon erwähnt, die Überprüfung der klassischen Testgütekriterien Reliabilität und Validität beim BKAT gewisse Schwierigkeiten. Personen mit unterschiedlichen Fähigkeiten werden mit demselben Test unterschiedlich präzise oder reliabel erfaßt, was wiederum die Validität der Einzelmessungen beeinflußt. Abgesehen davon, daß ohne einen geeigneten Paralleltest Reliabilitätsabschätzungen sich nur unter großen Schwierigkeiten für Lerntests der vorliegenden Art bewerkstelligen lassen (einmal gelernte sensomotorische Rahmenkonzepte werden praktisch nicht mehr vergessen), kann der BKAT daher für verschiedene Personengruppen unterschiedliche Validitäten aufweisen. Dieser Aspekt der differentiellen Validität ist insbesondere im Hinblick auf den Vergleich von Kindern und Erwachsenen in der Ergebnisinterpretation näher zu berücksichtigen (vgl. hierzu 5.5.2.). Inwiefern sich allerdings altersspezifische "Moderatorvariablen" eingrenzen lassen, die möglicherweise die Vorhersagbarkeit der RT-Leistung (Bewegungsausführung als Kriterium!) durch den BKAT beeinflussen, muß hier noch offen bleiben. Über die zu fordernde Minimalhöhe der Validität eines Tests, also auch des BKAT, lassen sich allgemein keine vernünftigen Angaben machen. Im vorliegenden Fall ist zudem zu berücksichtigen, daß mit der Bewegungsrealisierung gegenüber der Ausbildung einer Bewegungsvorstellung immer zusätzliche personinterne Korrektur- und Informationsmechanismen aktiviert werden, welche die Beziehungsstärke und -richtung von BKAT und RT in u. U. unvorhergesehenerweise modifizieren können. Jedoch sollten sich zumindest bei der Prüfung von Unterschiedshypothesen aus den Ergebnissen des RT und BKAT gleichlautende Entscheidungen ableiten und statistisch sichern lassen. Je nachdem, welche Funktionsbereiche des sensomotorischen Informationsumsatzes durch die jeweilige Fragestellung und das entsprechende Treatment einer Untersuchung in den Vordergrund gerückt werden, mag sich allerdings der eine oder der andere Test von Fall zu Fall als der geeignetere erweisen.

Was schließlich die externe Validität der gesamten Untersuchung angeht, so scheinen diesbezügliche sich aus der Entscheidung für eine Laboruntersuchung ergebende Einwände durch Auswahl und Konstruktion von Lernaufgabe und Präsentationsmaterial einerseits (4.2.), durch Vpn-Auswahl und Untersuchungsdesign andererseits (4.3. und 4.1.) sowie durch die Festsetzung der entsprechenden statistischen Margen doch weitgehend entkräftet. Dennoch sind natürlich auch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse nur unter dem Vorbehalt ihrer Replikation zu interpretieren. Dieser Anspruch soll jedoch nicht mehr in dieser Arbeit selbst eingelöst werden.

4.5. Versuchsablauf

Der Versuchsablauf war für alle Versuchspersonen (Vpn) in allen acht Versuchsgruppen im wesentlichen gleich. Grundsätzlich handelte es sich hierbei um Einzeluntersuchungen.

Zunächst erhielt jede Vp eine allgemeinverständliche Einweisung in den Projektgedanken und in den allgemeinen Untersuchungsablauf (schriftliche Vorlage). Anhand von zwei Dia-Präsentationen statistischen Lehrmaterials für den Sportunterricht wurde die Einweisung jeweils illustriert.

Anschließend wurde jede Vp aufgefordert, mit aufrechtem Oberkörper eine tiefe Kniebeuge auszuführen. Dieser Schritt diente einerseits zur Etablierung der für die eigentliche Lernaufgabe (vgl. 4.2.1.) erforderlichen informationellen und sensomotorischen Ausgangsbasis (Klärung und begriffliche Belegung der Ausgangsstellung; Ausführungsspezifikation der Kniebeuge mit entsprechender Ausführungskontrolle und ggf. vorzunehmender Korrektur). Die Vpn wurden damit auf eine Ausgangsbasis gebracht, die annähernd den ersten beiden Lernschritten des validierten Lehrprogramms "Große Körperwelle" entspricht (siehe 4.2.1.). Andererseits konnte hiermit überprüft werden, ob die Vpn über die zur Ausführung der beiden testspezifischen Lernaufgaben (4.2.2.) erforderliche Beweglichkeit verfügten. Protokollierte Beweglichkeitseinschränkungen waren bei der nachfolgenden Realisierungsbewertung (RT) in Rechnung zu stellen.

Danach wurde mit jeder VP die Kalibrierung der Blickbewegungsregistrierungsanlage durchgeführt. Die Kalibrierdauer betrug im allgemeinen 1,5 bis 3 Minuten. Nach einer einminütigen Pause und der entsprechenden Einweisung erfolgte die Präsentation der ersten Lernaufgabe (automatische Dia-Präsentation; Format DIN A 4; Abstand des Auges zur Präsentationsfläche 1 m) bei gleichzeiziger Blickbewegungsregistrierung, gefolgt von einer verbalen Interferenzaufgabe (30 sec. lang zweistellige Zahlen rückwärts sprechen). Hiermit sollten unkontrollierbare Memorations- und Rehearsalprozesse unterbunden werden. Hieran schlossen sich der Bildkarten-Auswahl-Test (BKAT) zur Registrierung der Bewegungsvorstellung sowie der Realisierungstest (RT) zur Registrierung der Bewegungsausführung an, wobei die Einweisung in den BKAT sowie in den RT wiederum schriftlich erfolgte (vgl. Abbildung 19).

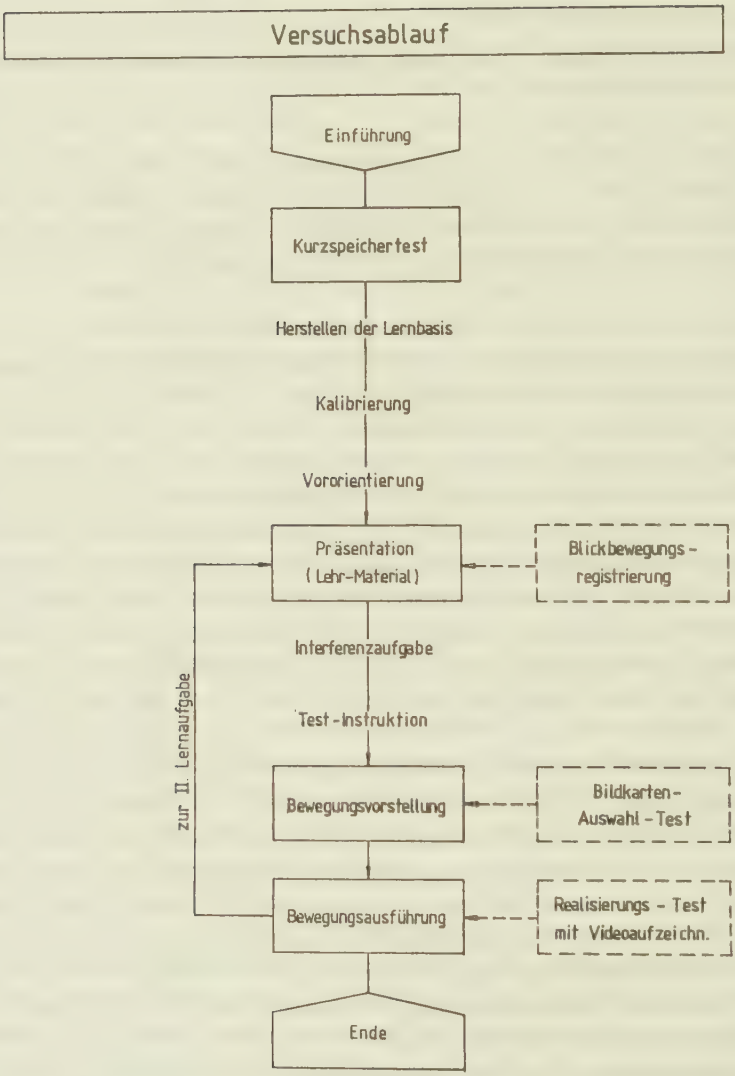


Abb. 19: Schema des Versuchsablaufs

Alle Einweisungen und Versuchsleiter-Kommentare waren normiert und somit für alle Vpn gleich. Soweit schriftliche Materialien verwendet wurden, sind sie dem Anhang dieser Arbeit beigegeben. Die Präsentationsdauer des Lehrmaterials betrug jeweils 9.5 bis 9.8 sec [)]. Diese Zeitspanne hatte sich im Rahmen der bereits zitierten Voruntersuchung (BLISCHKE 1981) als ausreichend erwiesen, um bei bimodalem Informationsangebot sowohl die Text- als auch die Bildkomponente der Instruktionen jeweils einmal vollständig visuell abzugreifen. Dieses erschien notwendig, um unter bimodalen Präsentationsbedingungen eine bimodale Informationsaufnahme in jedem Falle, auch für die Gruppe der Kinder, zumindest der Möglichkeit nach sicherzustellen. Zugleich erschien die gewählte Präsentationsdauer aber knapp genug bemessen, um ein unerwünschtes Überlernen und damit verbundene Ceiling-Effekte weitgehend ausschließen zu können (vgl. die Normalverteilung der BKAT-Daten in der Validierungsstudie von ZINKE 1982 bei einer Präsentationsdauer von 15 sec [))].

Die Betrachtung des Präsentationsmaterials erfolgte für alle Vpn grundsätzlich unter der expliziten Aufgabenstellung, die durch die jeweilige Lehrinformation kodierte Bewegung unmittelbar anschließend zu realisieren. Die Realisierung der Bewegung erfolgte in direktem Anschluß an die Beantwortung des BKAT jeweils dreimal unmittelbar nacheinander. Bewertet wurde stets die beste Ausführung (RT).

Das für die Beantwortung des BKAT gesetzte Zeitlimit von 3 Minuten hatte sich als reichlich bemessen erwiesen (BLISCHKE 1981; ZINKE 1982), erschien jedoch angebracht, um Vpn ohne subjektiv hinreichende Bewegungsvorstellung von weiteren Rateversuchen zu entlasten. Innerhalb dieser - vorher bekanntgegebenen -

---

[)] Die aus der Projektorautomatik resultierende Variation der Darbietungsdauer wurde im Nachgang der Untersuchung auf ihre Bedeutung als mögliche Störvariable überprüft (vgl. 5.5.5.). Hierzu wurde die Darbietungsdauer einerseits mit der Fixationshäufigkeit, andererseits mit der Lernleistung korreliert.

[))] Damit wird in der vorliegenden Untersuchung der von FRANK/MEDER (1971, S. 170 ff.) angegebenen max. Gegenwartsdauer (Spanne bewußter Gegenwärtigung) von ca. 10 sec Rechnung getragen; allerdings liegt der entsprechende Durchschnittswert nur bei ca. 6 sec und ist überdies für etwa 10jährige Kinder auf nur 5 sec zu veranschlagen (ebenda S. 172). Eine 10sekündige Präsentationsdauer gestattete damit auch den Kindern der untersuchten Altersgruppe in jedem Fall, bei bimodalem Präsentationsmaterial die Instruktion jeder Informationsmodalität für sich genommen innerhalb der durchschnittlichen Gegenwartsdauer zu betrachten.

Zeitspanne hatte jede Vp jedoch Gelegenheit, bereits getroffene Auswahlentscheidungen im Rahmen des vorgegebenen Bildkartenmaterials zu revidieren. Der hiermit denkbare zusätzliche Lerneffekt durch mentales Rehearsal und durch den Umgang mit dem Testmaterial wurde nicht zuletzt deshalb in Kauf genommen, weil vergleichbare Phänomene in der angegebenen zeitlichen Größenordnung durchaus auch in der Realsituation vor der erstmaligen Ausführung einer neu zu erlernenden Bewegung beobachtet werden können. Ebenso wurde mit der dreimaligen Realisierung der Bewegung die Möglichkeit eröffnet, bei der Beurteilung ggf. Fehlversuche aussondern zu können, die offensichtlich nicht auf einen unzureichenden Bewegungsentwurf, sondern auf sensomotorische Regulationsschwächen (z. B. Gleichgewichtsverlust) oder auf Beweglichkeitsgrenzen zurückzuführen waren, welche die Vpn ihrerseits erst in bezug auf die Kriteriumsbewegung abzuschätzen lernen mußten.

Der Versuchsablauf erfolgte für die erste ebenso wie für die zweite Messung (Lernaufgabe I und II) in der soeben beschriebenen Weise. Ein Nachkalibrieren der Blickbewegungsregistrierungsanlage erwies sich i. d. R. nicht als notwendig, jedoch wurde die Justierung der BBR-Anlage in jedem Falle nochmals überprüft. Jede Vp benötigte dabei etwa 15 bis 20 Minuten, um beide Meßaufnahmen in der beschriebenen Weise zu durchlaufen.

Anhand ihrer vorab erhobenen Kurzspeicherkapazität (KAI) wurde jede Vp vor der eigentlichen Meßaufnahme altersgruppenspezifisch einer der vier (durch die Präsentationsvarianten "Nur-Bild", "Nur-Text", "Bild-Text-Kombination" bestimmten) Versuchsgruppen zugewiesen. Die rechnerisch ermittelte formale Kapazität des KZS diente zur Parallelisierung der verschiedenen Versuchsgruppen innerhalb jeder Altersstufe.

Einweisung, Kurzspeichertest und beide Meßaufnahmen zusammengenommen nahmen pro Vp etwa 45 Minuten in Anspruch.

5. Ergebnisse und Diskussion

In der Darstellung der Untersuchungsergebnisse werden zunächst die in 3. ausgeführten Arbeitshypothesen entsprechend der dort angegebenen Reihenfolge abgearbeitet (5.1. bis 5.4.). Anschließend werden die Verteilungsformen und Streuungsbereiche relevanter Variablen sowie statistische Befunde

zur Objektivität und Reliabilität der Meßaufnahme dargestellt, soweit sie für die Interpretation der zentralen Untersuchungsergebnisse von Bedeutung sind (5.5.). Zudem werden an dieser Stelle einige korrelationsstatistische Ergebnisse einer genaueren Betrachtung unterzogen, um die zuvor angestellten Validitätserwägungen zu vertiefen und ggf. differenzieren bzw. korrigieren zu können (5.5.2., 5.5.4. und 5.5.5.); dies betrifft vor allem den Stellenwert des BKAT, der in der vorliegenden Arbeit zum ersten Mal unter einem derartig breiten Spektrum von person- und treatmentspezifischen Bedingungen systematisch zur Anwendung gebracht wurde. Den Abschluß bildet die Darstellung von Ergebnissen dreier Zusatzexperimente, deren Durchführung aufgrund inhaltlicher und testmethodischer Überlegungen, die sich aus der Betrachtung der Ergebnisse der Hauptuntersuchung ergaben, angebracht erschien (5.6.).

5.1. Zum Einfluß bildhafter und verbaler Information und ihrer Plazierung auf das Blickverhalten

Der erste, kurze Blickkontakt (Erstkontakt) ist definiert als die ersten 0,5 sec Betrachtungszeit (Fixationen plus Sakkaden)einer Vp, die bei bimodalem Präsentationsmaterial auf eine der beiden Informationsmodalitäten (entweder Bild oder Text) entfallen. Die Ergebnisse (vgl. Tab. 1 und Tab. 2) sind in Abb. 20 veranschaulicht. Sie lassen für die erste Lernaufgabe in beiden Altersgruppen eine deutliche Bevorzugung der Bildkomponente erkennen (Modalitätseffekt). Dies gilt für die Gruppe der 9 - 14jährigen Kinder uneingeschränkt; bei den Erwachsenen deutet sich bereits ein Einfluß der vertikalen Anordnungsstruktur mit einer tendenziellen Bevorzugung der oberen Vorlagenhälfte an, der sich jedoch für LA I statistisch nicht sichern läßt. Erst mit der zweiten Lernaufgabe (Prozeßeffekt) setzt sich in beiden Altersgruppen der Einfluß der Anordnungsstruktur zugunsten der oberen Vorlagenhälfte (Plazierungseffekt) gegenüber einer habituellen Bildpräferenz auch statistisch signifikant durch. Allerdings sind die Ausprägungsunterschiede im Erstkontakt zwischen erster (LA I) und zweiter Lernaufgabe (LA II) in keiner der beiden Altersgruppen statistisch signifikant.

Der habituelle Einfluß der Anordnungsstruktur fällt bei Erwachsenen insgesamt stärker ins Gewicht als bei Kindern (Alterseffekt), jedoch sind die augen-

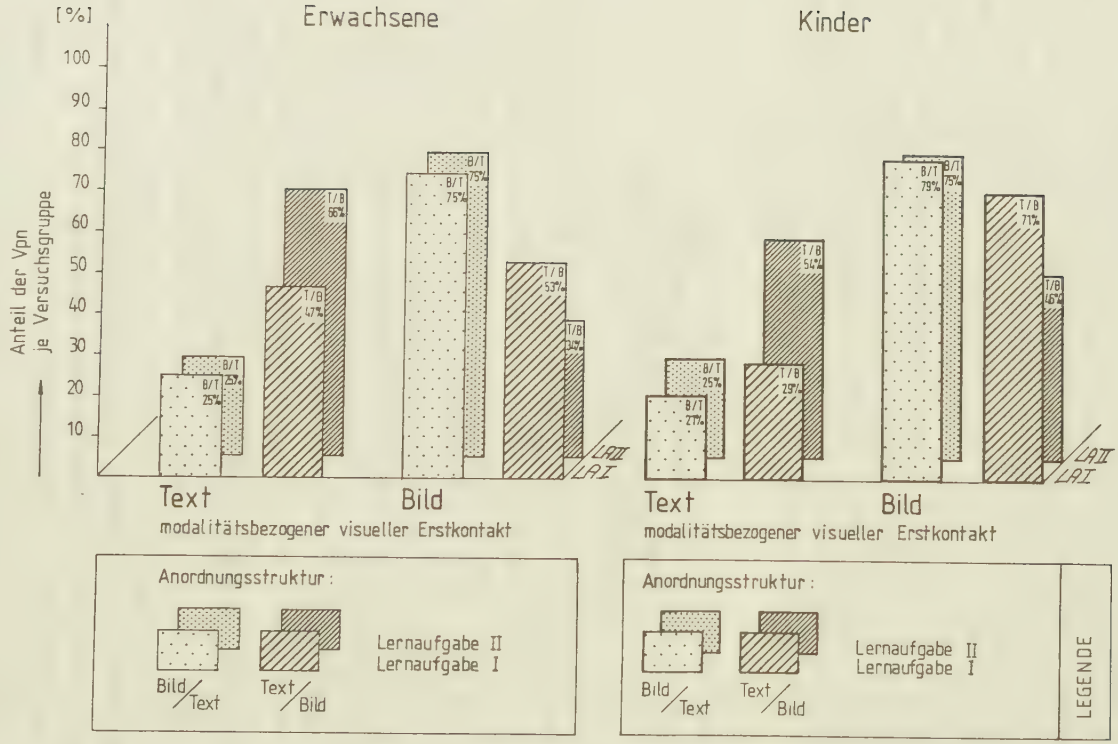


Abb. 20: Visueller Erstkontakt (0,5 sec Betrachtungszeit) auf Bild bzw. Text

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	ERSTKONTAKT TEXT N_{EKT}	%	ERSTKONTAKT BILD N_{EKB}	%	N_{Gesamt} ≙100%	Unterschiedsprüfung Kontingenztafel/ χ^2 $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$ $\chi^2_{0.01;1} = 6.63$
LA I	Bild/Text	8	25.0	24	75.0	32	$\chi^2 = 3.32$
	Text/Bild	15	46.9	17	53.1	32	
LA II	Bild/Text	8	25.0	24	75.0	32	$\chi^2 = 9.95^{**}$
	Text/Bild	21	65.6	11	34.4	32	

$\chi^2 = 2.28$

TABELLE 1: Erstkontakt - Erwachsene

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	ERSTKONTAKT TEXT N_{EKT}	%	ERSTKONTAKT BILD N_{EKB}	%	N_{Gesamt} ≙100%	Unterschiedsprüfung Kontingenztafel/ χ^2 $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$ $\chi^2_{0.01;1} = 6.63$
LA I	Bild/Text	6	21.4	22	78.6	28	$\chi^2 = .38$
	Text/Bild	8	28.6	20	71.4	28	
							$\chi^2 = 3.61$
LA II	Bild/Text	7	25.0	21	75.0	28	$\chi^2 = 4.79*$
	Text/Bild	15	53.6	13	46.4	28	

TABELLE 2: Erstkontakt - Kinder

scheinlichen Ausprägungsunterschiede im Erstkontakt zwischen Kindern und Erwachsenen für keine der beiden Präsentationsformen (Bild/Text bzw. Text/Bild) und in keiner der beiden Lernaufgaben (LA I bzw. LA II) signifikant. Die Unterschiedsprüfungen wurden anhand der Häufigkeitsverteilungen in Vier-Felder-Kontingenztafeln vorgenommen; als Prüfverfahren diente die χ^2-Methode.

Vor dem Hintergrund der Befunde zur Spezifikation der semantischen Diskrepanzhypothese (vgl. 2.2.3.) sind allerdings vor allem Habituationseffekte auf die Reihenfolge einer eingehenden Betrachtung der Bild- sowie der Textinformation (Betrachtungsabfolge) und ggf. deren funktionale Beeinflussung durch geeignete Visualisationsmittel (Präsentationsformen; Anordnungsstrukturen) von Bedeutung (vgl. die Hypothesen D, G und T).

Für die Bestimmung der Betrachtungsabfolge einer Vp ("Erst Bild, dann Text" bzw. "Erst Text, dann Bild") wurde daher in der vorliegenden Untersuchung, über die Reihenfolge hinaus, für jede Informationsmodalität eine Mindestbetrachtungsdauer (Fixationen und Sakkaden) von 1 sec als Kriterium einer im Sinne der Diskrepanzhypothese potentiell hinreichenden modalitätsspezifischen Informationsaufnahme angesetzt.

Auch bei einer Mindestbetrachtungsdauer von 2 sec ergeben sich in der zentralen Tendenz der Ergebnisse keine anderen Effekte, und die Unterschiede der absoluten Häufigkeiten sind unerheblich. Jedoch erscheint in Würdigung der bisher bekannten Ergebnisse zur Interaktion von bildlicher und sprachlicher Information 1 sec Betrachtungsdauer durchaus hinreichend zur Akzentuierung einer funktionalen Diskrepanz zwischen beiden Informationsmodalitäten. Außerdem sind während einer Zeitspanne von 2 sec bei simultaner Präsentation beider Modalitäten doch relativ häufig einige Zwischenfixationen auf der jeweils "anderen" Modalität (bzw. Vorlagenhälfte) zu verzeichnen, was eine eindeutige Interpretation der (Lernleistungs-) Ergebnisse möglicherweise erschwern könnte. Insgesamt jedoch ist das Blickverhalten der untersuchten Personen erstaunlich "modalitätskonsistent", d. h. es treten kaum häufige und rasche Blickwechsel zwischen den Modalitäten auf (vgl. hierzu auch 5.3.).

Die Ergebnisse zeigen an dieser Stelle nun einen überraschenden Nebeneffekt, der jedoch in seiner Bedeutung für die Informationsentnahme und die Behaltensstabilität auf Seiten der betroffenen Vpn keineswegs unwichtig erscheint: In beiden Altersgruppen greift ein gewisser Prozentsatz der Probanden (zwischen

10 und 30 %) bei der visuellen Informationsaufnahme nur auf eine der beiden simultan präsentierten Modalitäten zurück. Dies ist bei Kindern mit einer einzigen Ausnahme bei insgesamt 23 Fällen die Bildkomponente. Diese wird überwiegend auch von erwachsenen Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie gewählt (14 reine Bildbetrachter gegenüber nur 3 reinen Textbetrachtern). Der Trend zu einer unimodalen Betrachtungsstrategie nimmt deutlich, und hier vor allem in der Altersgruppe der 9- bis 14jährigen, mit der zweiten Lernaufgabe (LA II) zu (Prozeßeffekt). Abb. 21 veranschaulicht insgesamt die genannten Effekte.

Die Ergebnisse zur Betrachtungskomplexität (bimodale versus unimodale Betrachtungsstrategie) und zur Betrachtungsabfolge bei bimodaler Betrachtungsstrategie (definiert durch diejenige der beiden betrachteten Informationsmodalitäten, auf die zuerst mindestens 1 sec Betrachtungszeit entfällt) sind in Tab. 3 und Tab. 4 wiedergegeben. Bei Erwachsenen zeigt sich bezüglich der Betrachtungsabfolge ein hochsignifikanter (LA I) bis signifikanter (LA II) Einfluß der Anordnungsstruktur zugunsten der oberen Vorlagenhälfte (Plazierungseffekt: Betrachtungsabfolge prädominant von oben nach unten verlaufend). Dieser Effekt wird bei Kindern erst mit der zweiten Lernaufgabe augenfällig, ist jedoch statistisch noch nicht relevant[)]. Demgegenüber ist bei Kindern ein deutlicher, statistisch signifikanter Prozeßeffekt zu verzeichnen, der nahezu vollständig auf die Zunahme (um ca. 130 %) des Anteils von Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie in der zweiten gegenüber der ersten Lernaufgabe zurückzuführen ist. Dies zeigt das signifikante Ergebnis der Unterschiedsprüfung der Häufigkeitsverteilungen anhand einer entsprechenden Vier-Felder-Kontingenztafel (Tab. 4) und der Vergleich mit den nicht-signifikanten Ergebnissen bezüglich der Betrachtungsabfolge bei Kindern für sich genommen (ohne Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie; Tab. 6). bei Erwachsenen dagegen wird dieser Prozeßeffekt auch nicht annähernd statistisch bedeutsam. Der bei Kindern zu verzeichnende Prozeßeffekt (Zunahme unimodaler Betrachtungsstrategien) verweist für diese Altersgruppe auf einen signifikanten Modalitätseffekt (drastische und ausschließliche Orientierung hin zur Bildkomponente), sobald die Analyse auf eine eingehendere, (zeitlich) umfassendere visuelle Informationsaufnahme abstellt: "unimodale" Betrachter sind, dies sei nochmals unter-

---

[)] Ein signifikantes Resultat ergibt sich an dieser Stelle allerdings unter der Bedingung einer Mindestbetrachtungsdauer von 2 sec ; Vier-Felder-Kontingenztafel, $\chi^2 = 4.79$ bei $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$.

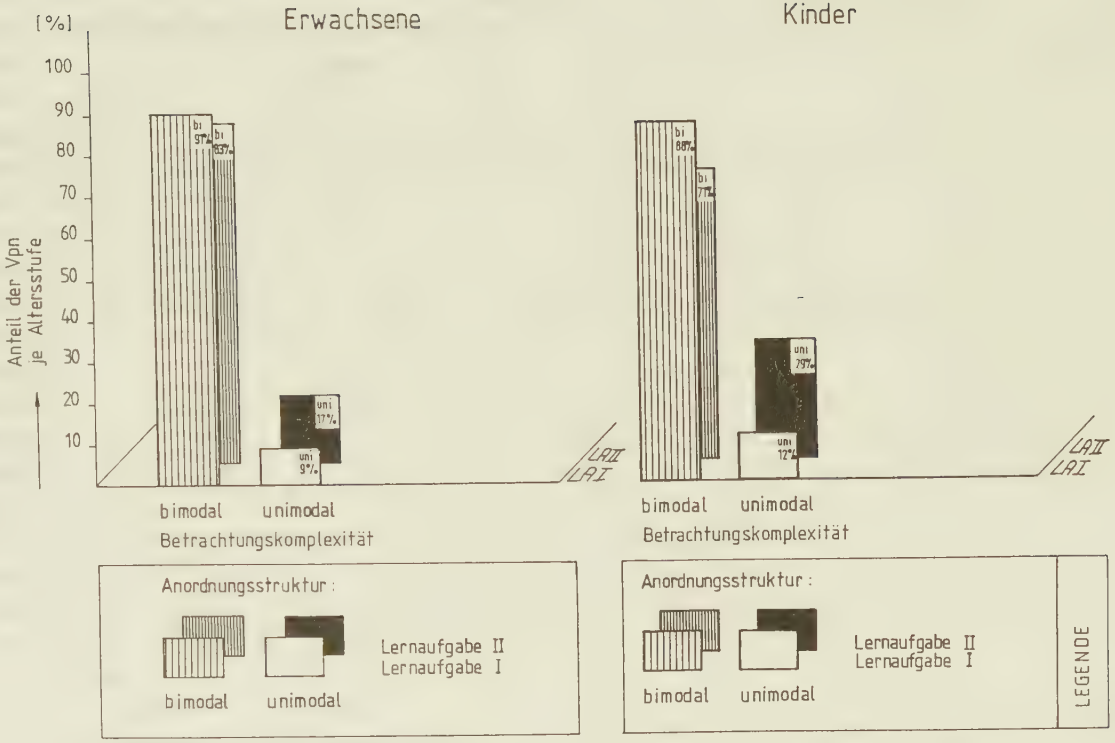


Abb. 21: Betrachtungskomplexität (bimodale versus unimodale Betrachtungsweise)

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	BIMODALE BETRACHTUNG				UNIMODALE BETRACHTUNG		N_{Gesamt} ≙100%	Kontingenzprüfung Kontingenztafel/ χ^2 $\chi^2_{0.05;2} = 5.99$ $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$ $\chi^2_{0.01;2} = 9.20$ $\chi^2_{0.01;1} = 6.63$
		Erstbetrachtung TEXT		Erstbetrachtung BILD					
		N_{EBT}	%	N_{EBB}	%	N_{UNI}	%		
	Bild/Text	8	25.0	20	62.5	4	12.5	32	$\chi^2 = 11.82^{**}$
	Text/Bild	23	71.9	7	21.9	2	6.2	32	
LA I	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	31	48.4	27	42.2	6	9.4	64	
	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	58		90.6		6	9.4	64	$\chi^2 = 1.90$
	Bild/Text	7	21.9	18	56.2	7	21.9	32	$\chi^2 = 7.38^{*}$
	Text/Bild	19	59.4	9	28.1	4	12.5	32	
LA II	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	26	40.6	27	42.2	11	17.2	64	
	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	53		82.8		11	17.2	64	$\chi^2 = 1.65$

TABELLE 3: Betrachtungskomplexität - Erwachsene

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	BIMODALE BETRACHTUNG: Erstbetrachtung TEXT N_{EBT}	%	BIMODALE BETRACHTUNG: Erstbetrachtung BILD N_{EBB}	%	UNIMODALE BETRACHTUNG N_{UNI}	%	N_{Gesamt} ≙100%	Kontingenzprüfung: Kontingenztafel/ χ^2
									$\chi^2_{0.05;2} = 5.99$ $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$ $\chi^2_{0.01;2} = 9.20$ $\chi^2_{0.01;1} = 6.63$
	Bild/Text	8	28.6	16	57.1	4	14.3	28	–
	Text/Bild	13	46.4	12	42.9	3	10.7	28	
LA I	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	21	37.5	28	50.0	7	12.5	56	$\chi^2 = 6.30^*$
	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	49		87.5		7	12.5	56	
	Bild/Text	9	32.1	11	39.3	8	28.6	28	$\chi^2 = 2.60$
	Text/Bild	14	46.4	12	42.9	8	28.6	28	
LA II	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	23	41.1	17	30.3	16	28.6	56	$\chi^2 = 4.43^*$
	Bild/Text + Text/Bild zus.gefaßt	40		71.4		16	28.6	56	

TABELLE 4: Betrachtungskomplexität - Kinder

strichen, bei Kindern nahezu ausschließlich Bildbetrachter. Dieser Trend setzt sich bei Kindern überdies unabhängig von der Anordnungsstruktur des Präsentationsmaterials in gleicher Stärke durch (Tab. 4); die rechnerische und bis hierher auch inhaltliche Zusammenfassung der beiden mit bimodalen Präsentationsformen bedachten Versuchsgruppen unter dem Gesichtspunkt der Betrachtungskomplexität erscheint daher gerechtfertigt.

Um sicherzugehen, daß die signifikanten Ergebnisse auf Seiten der Erwachsenen tatsächlich in erster Linie auf Plazierungseffekte hinsichtlich der Betrachtungsabfolge, auf Seiten der Kinder dagegen tatsächlich in erster Linie auf Prozeßeffekte hinsichtlich der Betrachtungskomplexität (und damit zugleich der Modalitätspräferenz) zurückzuführen sind, wurden in jeder Altersgruppe alle Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie für sich genommen betrachtet. Diese Befunde zur Betrachtungsabfolge allein sind in Tab. 5 und Tab. 6 zusammengefaßt und in Abb. 22 veranschaulicht. Die Ergebnisse der Kontingenztafel-Berechnungen bestätigen für Erwachsene in beiden Lernaufgaben einen hochsignifikanten Einfluß der Anordnungsstruktur auf die Betrachtungsabfolge (bevorzugter Blickverlauf von oben nach unten), der keinerlei Modalitätseinfluß mehr erkennen läßt. Bei Kindern dagegen erreicht der Ausprägungsgrad des Anordnungsstruktureffekts, wiewohl zu beobachten, nicht das Signifikanzniveau. Wenn auch bezüglich der Betrachtungsabfolge die Präferenz der oberen Vorlagenhälfte gegenüber der Bildpräferenz bei Kindern mit der zweiten Lernaufgabe deutlich zunimmt, so ist der diesbezügliche Prozeßeffekt (Vergleich von LA I und LA II) dennoch keineswegs statistisch bedeutsam.

In Bezug auf die Betrachtungsabfolge steht also einem ausgeprägten Anordnungsstruktureffekt bei Erwachsenen (Dominanz der oberen Vorlagenhälfte) ein unvorhergesehener, an der Betrachtungskomplexität festzumachender und mit einer deutlichen Bildpräferenz verbundener Prozeßeffekt auf Seiten der Kinder gegenüber (Zunahme ausschließlich bildbezogener Betrachtungsstrategien), der zudem den auch dort sich bereits andeutenden und prozeßual verstärkenden (habituellen) Anordnungsstruktureffekt (noch) nicht statistisch relevant werden läßt. Dies ist insgesamt zugleich als ein bedeutsamer Alterseffekt zu bewerten, der jedoch im direkten Vergleich beider Altersstufen an keiner Stelle statistisch signifikant wird, das Signifikanzniveau allerdings oftmals nur knapp verfehlt (so z. B. bei einem Vergleich von Kindern und Erwachsenen, Präsentationsbedingung Text/Bild, LA I, bezüglich der Betrachtungsabfolge anhand einer Vier-Felder-Tafel mit $\chi^2 = 3.66$ und $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$).

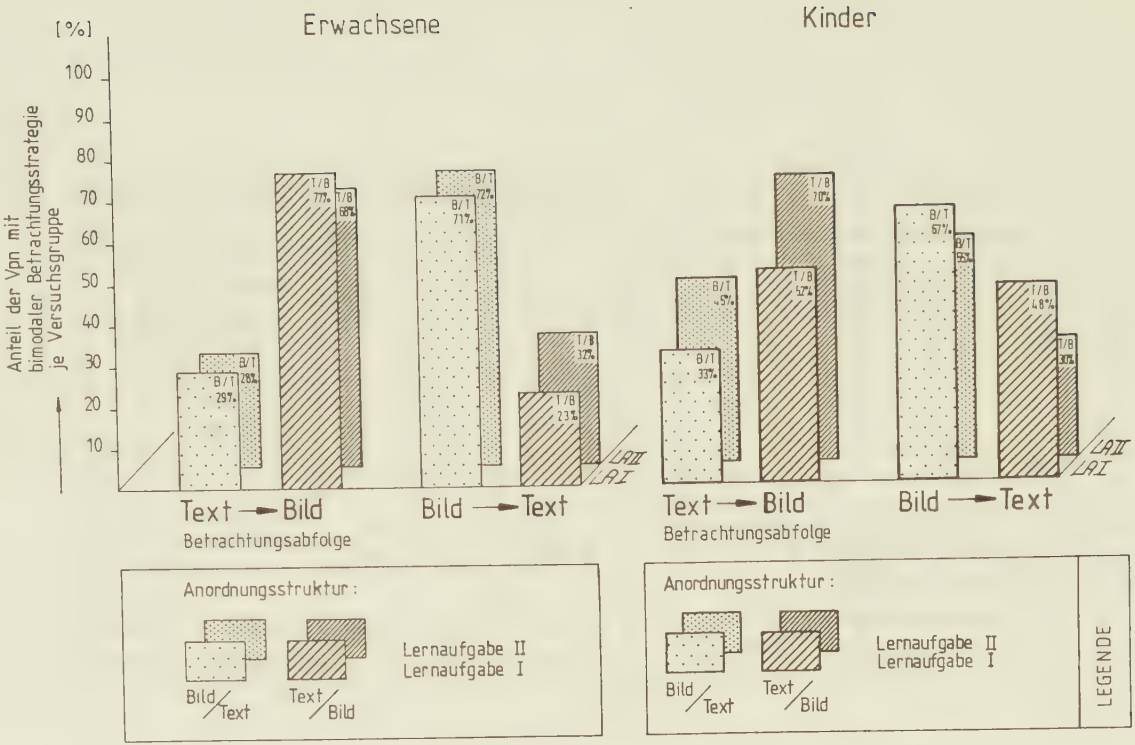


Abb. 22: Betrachtungsabfolge von Bild und Text (mind. jeweils 1 sec Betrachtungszeit)

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	BETRACHTUNGSABFOLGE TEXT --> BILD N_{EBT}	%	BILD --> TEXT N_{EBB}	%	N_{Gesamt} ≙100%	Unterschiedsprüfung Kontingenztafel/ χ^2 $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$ $\chi^2_{0.01;1} = 6.63$
LA I	Bild/Text	8	28.6	20	71.4	28	$\chi^2 = 13.46^{**}$
	Text/Bild	23	76.7	7	23.3	30	
LA II	Bild/Text	7	28.0	18	72.0	25	$\chi^2 = 8.39^{**}$
	Text/Bild	19	67.9	9	32.1	28	

TABELLE 5: Betrachtungsabfolge - Erwachsene

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	BETRACHTUNGSABFOLGE TEXT --> BILD N_{EBT}	%	BILD --> TEXT N_{EBB}	%	N_{Gesamt} ≙100%	Unterschiedsprüfung Kontingenztafel/ χ^2 $\chi^2_{0.05;1} = 3.84$ $\chi^2_{0.01;1} = 6.63$
LA I	Bild/Text	8	33.3	16	66.7	24	$\chi^2 = 1.74$
	Text/Bild	13	52.0	12	48.0	25	
							$\chi^2 = 1.5$
LA II	Bild/Text	9	45.0	11	55.0	20	$\chi^2 = 2.55$
	Text/Bild	14	70.0	6	30.0	20	

TABELLE 6: Betrachtungsabfolge - Kinder

Auch bezüglich Betrachtungskomplexität und -abfolge wurden alle Unterschiedsprüfungen anhand der Häufigkeitsverteilungen in Vier- bzw. Sechs-Felder-Kontingenztafeln vorgenommen; als Prüfverfahren diente wiederum die χ^2-Methode. Das χ^2-Verfahren führt zu ausgesprochen konservativen Entscheidungen; dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse - etwa im Hinblick auf die auch bei Kindern sich andeutenden Anordnungsstruktureffekte bezüglich der Betrachtungsabfolge im weiteren Lernprozeßverlauf (vgl. Tab. 6) Berücksichtigung finden.

Die bei der statistischen Analyse der qualitativen Merkmale des Blickverhaltens (Erstkontakt; Betrachtungskomplexität; Betrachtungsabfolge) zu Tage getretenen altersdifferentiellen Befunde hinsichtlich des Einflusses der Anordnungsstruktur einerseits und der Informationsmodalität andererseits auf die Struktur der visuellen Informationsaufnahme werden besonders augenfällig bei der Betrachtung der quantitativen Verhaltensmerkmale Fixationshäufigkeit, Fixationsdauer und Fixationszeit. Die entsprechenden Gruppenmittelwerte und Standardabweichungen sind in Tab. 7 und Tab. 8 zusammengestellt. Für die Fixationshäufigkeit und die Fixationszeit sind zusätzlich noch die nach Informationsmodalitäten (Text bzw. Bild) differenzierten Werte angegeben. Dies war angesichts des großen Anteils von Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie für die Fixationsdauer mit Bezug auf den jeweils vollständigen Stichprobenumfang (N_{gesamt}) nicht möglich.

Wie die in Abb. 23 veranschaulichten und einer 4-faktoriellen Varianzanalyse (vgl. Tab. 11) unterzogenen Ergebnisse bezüglich der bei Kindern und Erwachsenen unter jeweils alternativen vertikalen Anordnungsstrukturen auf Bild bzw. Text entfallenden Fixationszeit zeigen, ist das Ausmaß der visuellen Zuwendung bei Erwachsenen in hochsignifikanter Weise abhängig von der Plazierung (Bevorzugung der oberen Vorlagenhälfte; Interaktion von Anordnungsstruktur und modalitätsbezogener visueller Zuwendung, Tab. 11), kaum jedoch von der Informationsmodalität. Bei 9- bis 14jährigen Kindern dagegen zeigt sich, unabhängig von der jeweiligen Plazierung, eine hochsignifikante Modalitätspräferenz (Bevorzugung der Bildkomponente; Haupteffekt modalitätsbezogener visueller Zuwendung, Tab. 11). Damit wenden sich unter bimodalen Präsentationsbedingungen (bei Berücksichtigung auch derjenigen Vpn mit selbstentschiedener unimodaler Betrachtungsstrategie) Kinder durchschnittlich auch insgesamt, unabhängig von der geschalteten Anordnungsstruktur und der Lernaufgabe (Zeitpunkt im Lernpro-

ern-fgabe	Anordnungs-struktur	FIXATIONSHÄUFIGKEIT						FIXATIONS-DAUER (msec)		FIXATIONSZEIT (sec)						N_{Gesamt}
		Text		Bild		Gesamt		Gesamt		Text		Bild		Gesamt		
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
A I	Bild/Text	24.6	13.2	37.8	15.5	63.3	9.3	121	22	2.92	1.5	4.49	1.6	7.46	0.71	32
	Text/Bild	33.8	16.7	26.4	11.3	60.8	11.8	126	25	3.93	1.6	3.42	1.4	7.43	0.65	32
A II	Bild/Text	25.8	15.6	33.7	15.5	59.7	9.2	130	28	3.41	1.9	4.05	1.9	7.48	0.57	32
	Text/Bild	30.0	13.5	28.0	14.1	58.5	8.3	128	25	3.80	1.6	3.49	1.6	7.35	0.71	32

BELLE 7: Quantitative Blickverhaltens-Merkmale

Erwachsene (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	FIXATIONSHÄUFIGKEIT						FIXATIONS-DAUER (msec)		FIXATIONSZEIT (sec)						N_{Gesamt}
		Text		Bild		Gesamt		Gesamt		Text		Bild		Gesamt		
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	$Bild/_{Text}$	21.9	11.8	36.8	13.8	58.9	8.0	138	23	3.21	1.7	4.78	1.7	8.03	0.32	28
	$Text/_{Bild}$	21.8	12.0	32.6	9.4	54.9	9.8	149	29	2.95	1.4	4.91	1.3	7.92	0.44	28
LA II	$Bild/_{Text}$	17.5	11.7	38.9	15.9	56.7	8.2	143	24	2.79	2.0	5.07	1.9	7.91	0.46	28
	$Text/_{Bild}$	20.4	14.2	30.9	15.9	51.9	7.3	158	36	3.09	2.2	4.78	2.3	8.03	0.32	28

BELLE 8: Quantitative Blickverhaltens-Merkmale

Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	FIXATIONSHÄUFIGKEIT				FIXATIONSDAUER (msec)				FIXATIONSZEIT (sec)				N* (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungs-strategie)
		Text		Bild		Text		Bild		Text		Bild		
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	28.1	10.3	33.1	9.8	123	36	125	23	3.33	1.2	4.08	1.2	28
	Text/Bild	36.1	14.7	24.7	9.0	128	40	136	35	4.19	1.2	3.24	1.3	30
LA II	Bild/Text	27.6	9.3	30.8	8.6	132	38	123	23	3.69	1.2	3.77	1.2	25
	Text/Bild	34.5	10.5	25.3	9.2	132	33	131	34	4.10	1.1	3.19	1.1	28

TABELLE 9: Quantitative Blickverhaltens-Merkmale
Erwachsene (nur Versuchspersonen mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

Lern-aufgabe	Anordnungs-struktur	FIXATIONSHÄUFIGKEIT				FIXATIONSDAUER (msec)				FIXATIONSZEIT (sec)				N* (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungs-strategie)
		Text		Bild		Text		Bild		Text		Bild		
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	25.6	8.3	33.2	11.3	150	37	132	20	3.73	1.3	4.26	1.3	24
	Text/Bild	24.3	10.0	30.8	8.2	144	34	156	37	3.30	1.0	4.64	1.1	25
LA II	Bild/Text	24.1	6.1	30.8	10.8	161	26	138	31	3.85	1.2	4.02	1.1	20
	Text/Bild	26.5	10.3	25.5	10.9	153	33	158	37	3.92	1.5	4.02	1.6	20

TABELLE 10: Quantitative Blickverhaltens-Merkmale

Kinder (nur Versuchspersonen mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

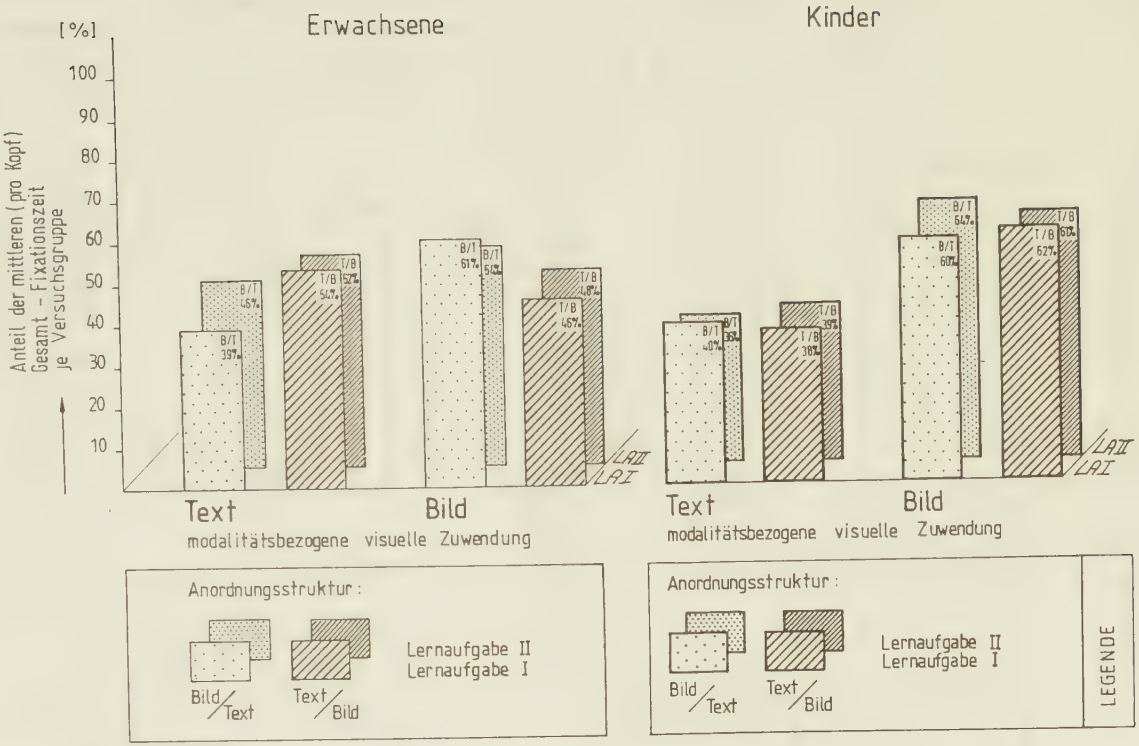


Abb. 23: Ausmaß visueller Zuwendung (Fixationszeit) zu Bild und Text (alle Vpn)

F I X A T I O N S Z E I T (Vpn mit bimodaler **und** unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Anordnungsstruktur	(Bild/Text; Text/Bild)
B: Modalität	(Bild; Text)
C: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)
D: Lernaufgabe	(LA I; LA II)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F
A	0.001	1	0.001	0.000
B	136.855	1	136.855	42.591***
C	10.628	1	10.628	3.308
D	0.063	1	0.063	0.020
A X B	23.237	1	23.237	7.232**
A X C	0.340	1	0.340	0.106
A X D	0.183	1	0.183	0.057
B X C	62.950	1	62.950	19.591***
B X D	0.648	1	0.648	0.202
C X D	0.099	1	0.099	0.031
A X B X C	12.018	1	12.018	3.740
A X B X D	0.057	1	0.057	0.018
A X C X D	0.567	1	0.567	0.176
B X C X D	1.437	1	1.437	0.447
A X B X C X D	11.048	1	11.048	3.438
Fehler	1 484.080	464	3.213	
Total	1 735.100	479	$F_{(1,464;95\%)}$ = 3.86	
			$F_{(1,464;99\%)}$ = 6.71	
			$F_{(1,464;99.9\%)}$ = 11.00	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 9.1051

TABELLE 11: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische visuelle Zuwendung (Fixationszeit), Erwachsene und Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

zeßverlauf), in hochsignifikant stärkerem Ausmaß der Bildkomponente zu als Erwachsene (Interaktion von modalitätsbezogener visueller Zuwendung und Lernalter, Tab. 11).

Daß der Einfluß der Anordnungsstruktur einerseits und der Informationsmodalität andererseits gleichzeitig auch einen altersdifferentiellen Effekt widerspiegelt, zeigt die knapp das Signifikanzniveau verfehlende Interaktion 2. Ordnung von Anordnungsstruktur, modalitätsbezogener visueller Zuwendung und Lernalter in Tab. 11. Dieser Nebeneffekt wird in einer über die Variablen Anordnungsstruktur, modalitätsbezogene visuelle Zuwendung und Lernalter für die erste Lernaufgabe allein berechneten 3-faktoriellen Varianzanalyse allerdings signifikant. Weiter zeigen altersgruppenspezifische 2-faktorielle Varianzanalysen über die Variablen Anordnungsstruktur und modalitätsbezogene visuelle Zuwendung auf Seiten der Erwachsenen lediglich einen hochsignifikanten Interaktionseffekt (LA I), auf Seiten der Kinder dagegen ausschließlich hochsignifikante Ergebnisse auf dem Haupteffekt modalitätsbezogener visueller Zuwendung (LA I; LA II). Daß in der 4-faktoriellen Varianzanalyse der Haupteffekt "modalitätsbezogene visuelle Zuwendung" hochsignifikant wird, läßt allerdings ungeachtet aller altersdifferentieller Besonderheiten insgesamt auch für die Erwachsenen einen gewissen Einfluß der Informationsmodalität (leichte Bildpräferenz; vgl. Tab. 13!) in Rechnung stellen.

Sowohl nach Sicht der Daten, als auch nach den varianzanalytischen Ergebnissen (Tab. 11) bleiben die beschriebenen Effekte relativ stabil im Lernprozeßverlauf: Die Lernaufgabe, also die Sukzession zweier inhaltlich aufeinander bezogener Präsentationen von Lehrinformation unter jeweils gleichen Visualisationsbedingungen, hat weder als Haupteffekt noch in einer Interaktion mit anderen Variablen einen statistisch relevanten Einfluß auf die durchschnittlich auf die Bild- bzw. die Textkomponente entfallende Fixationszeit der Vpn. Tendentiell scheint sich jedoch auf Seiten der Erwachsenen der Einfluß der Anordnungsstruktur mit der zweiten Lernaufgabe abzuschwächen (vgl. Abb. 23 und Tab. 9, sowie die Interaktion 3. Ordnung in Tab. 11!). In der Tat wird in weniger umfassenden, für die beiden Lernaufgaben jeweils gesondert gerechneten Varianzanalysen der für die Gruppe der Erwachsenen spezifische Interaktionseffekt 1. Ordnung (Anordnungsstruktur und modalitätsbezogene visuelle Zuwendung) nur für die erste, aber nicht mehr für die zweite Lernaufgabe signifikant (altersgruppenspezifischer Prozeßeffekt bei Erwachsenen!).

Man kann also zusammenfassend festhalten (vgl. hierzu Tab. 12 und insbesondere Tab. 13), daß die visuelle Zuwendung bei Erwachsenen prädominant auf die obere Vorlagenhälfte gerichtet ist, wobei dieser Plazierungseffekt bei vertikaler Anordnungsstruktur mit einer leicht ausgeprägten Bildpräferenz interagiert. Beide Effekte sind jedoch so gering ausgeprägt (Differenzen von 10 % bzw. 5 %), daß sie nur in Verbindung miteinander statistisch relevant werden. Bei Kindern dagegen überwiegt die Beachtung der Bildkomponente in jedem Fall die Zuwendung zur Textkomponente um ein Drittel (Modalitätseffekt), während die obere und untere Vorlagenhälfte an sich jeweils gleich viel Fixationszeit binden. Darüber hinaus verwenden die Kinder unter bimodalen Präsentationsbedingungen auch absolut etwa ein Fünftel mehr an Fixationszeit auf die Bildkomponente als Erwachsene. Die Beziehungen zwischen Präsentationsmaterial und Blickverhalten erweisen sich also qualitativ wie quantitativ als altersabhängig. Alle diese Effekte dürften jedoch nicht unabhängig von der personseitig gewählten Betrachtungsstrategie (bimodal versus unimodal) ausfallen (siehe unten).

Die Fixationszeit wurde deshalb als in erster Linie relevante Bezugsgröße für das Ausmaß modalitätsspezifischer visueller Zuwendung gewählt, weil sie als zusammengesetzte Größe (Summe aller einzelnen Fixationsdauern pro Vp und Modalität) einerseits die qualitative Komponente visueller Zuwendung am unmittelbarsten zu repräsentieren scheint, und weil sie andererseits gegenüber meßmethodischen Artefakten wesentlich unempfindlicher ist als etwa die Fixationshäufigkeit (vgl. 4.4.1.). Fixationshäufigkeit bzw. mittlere Fixationsdauer dagegen sind, für sich genommen, in dieser Beziehung keine aussagekräftigen Größen, da sich ihre Effekte ggf. durch gegenläufige Tendenzen kompensieren können. Allerdings zeigt im vorliegenden Fall die modalitätsbezogene Verteilung der Fixationshäufigkeiten über die beiden Lernaufgaben, nach Anordnungsstrukturen differenziert, für beide Altersgruppen ein der Fixationszeit in Richtung und Größenordnung der zu beobachtenden Effekte direkt entsprechendes Bild (vgl. Tab. 7 und Tab. 8). Die durchschnittliche Fixationsdauer schließlich läßt sich, angesichts des hohen Anteils von Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie, über alle Vpn sinnvollerweise nicht zugleich nach Informationsmodalitäten spezifiziert varianzanalytisch verrechnen. Es läßt sich also für die auf die bimodalen Präsentationsbedingungen entfallende Gesamtstichprobe (bi- und unimodale Betrachter zusammengenommen) kein Abgleich der modalitätsspezifischen Effekte von Fixationshäufigkeit und mittlerer Fixationsdauer vornehmen.

Lern-aufgabe	Alters-gruppe	Anordnungs-struktur	FIXATIONSZEIT			N_{Gesamt}
			%-Anteil obere Vorlagenhälfte	%-Anteil untere Vorlagenhälfte	Gesamt* (sec) ≙ 100%	
LA I	Erwachsene	$Bild/_{Text}$	60.6	39.4	7.41	32
		$Text/_{Bild}$	53.5	46.5	7.35	32
	Kinder	$Bild/_{Text}$	59.8	40.2	7.99	28
		$Text/_{Bild}$	37.5	62.5	7.86	28
LA II	Erwachsene	$Bild/_{Text}$	54.3	45.7	7.46	32
		$Text/_{Bild}$	52.1	47.9	7.29	32
	Kinder	$Bild/_{Text}$	64.5	35.5	7.86	28
		$Text/_{Bild}$	39.3	60.7	7.87	28

TABELLE 12: Prozentuale Verteilung der insgesamt auf Bild und Text zusammen entfallenden Fixationszeit auf die obere bzw. die untere Vorlagenhälfte (* ohne OI-Fixationen)

Blick-verhaltensmerkmal	ALTERSGRUPPE			
	ERWACHSENE*		KINDER*	
	%	$\bar{x}$ (sec)	%	$\bar{x}$ (sec)
oben	55.1	-	50.3	-
unten	44.9	-	49.7	-
FIXATIONSZEIT				
Text	47.7	3.5	38.1	3.0
Bild	52.3	3.8	61.9	4.9
Gesamt(*) (≙ 100%)	100	7.38	100	7.9
FIXATIONSDAUER ($\bar{x}_{Gesamt}$(*) (msec)	126		147	
FIXATIONS-HÄUFIGKEIT Text	48.3 %		36.4 %	
Bild	51.7 %		63.6 %	
N_{Gesamt}(*)(≙ 100%)	60		55	
Meßfälle (N)	128		112	

TABELLE 13: Prozentualer Anteil visueller Zuwendung zu unterschiedlichen Vorlagenbereichen, nach Lernalter differenziert

* über alle Meßfälle in beiden Lernaufgaben gemittelt, Vpn unter beiden bimodalen Präsenationsbedingungen zusammengefaßt;

(*)ohne OI-Fixationen

Eine Analyse der modalitätsübergreifenden Fixationshäufigkeit zeigt, bezogen auf alle mit bimodalem Präsentationsmaterial konfrontierten Vpn, in beiden Altersgruppen und jeweils für jede der beiden Lernaufgaben mehr Fixationen bei der Bild-Text-, als bei Text-Bild-Anordnungsstruktur. Zugleich sinkt für jede der beiden Anordnungsstrukturen in beiden Altersgruppen die Fixationshäufigkeit von der ersten zur zweiten Lernaufgabe um etwa den gleichen Betrag. Schließlich weisen Kinder für beide Anordnungsstrukturen in beiden Lernaufgaben jeweils relational erheblich weniger Fixationen auf als Erwachsene. Die Ergebnisse der modalitätsübergreifenden mittleren Fixationsdauer verhalten sich genau komplementär hierzu (vgl. Tab. 7 und Tab. 8). Insbesondere zeigt sich dabei auf Seiten der Kinder unter Text-Bild-Präsentationsbedingungen eine drastische Zunahme der mittleren Fixationsdauer bei gleichzeitiger Abnahme der Fixationshäufigkeit (letzteres als Folge der fixen Präsentationsdauer!). Dieser Effekt ist bei Erwachsenen nicht so stark ausgeprägt, und dürfte insgesamt mit der anordnungsstrukturabhängigen prädominanten Betrachtungsabfolge (vgl. Tab. 5 und Tab. 6) in Verbindung zu bringen sein, da die Fixationszeit gerade auf Seiten der Kinder weder Einflüsse der Anordnungsstruktur noch der Lernaufgabe (Prozeßeffekt) erkennen läßt.

Anders als für die zusammengesetzte Größe "Fixationszeit" ergeben sich für die beiden komplementären Basisgrößen "Fixationshäufigkeit" und "mittlere Fixationsdauer" für beide Altersgruppen tendenziell gleichgerichtete Effekte der vertikalen Anordnungsstruktur von Text und Bild sowie der Lernaufgabenabfolge (Prozeßeffekt; vgl. 2.3.4.1. und 2.3.4.2.). Vor allem der generelle (Fixationsdauer bzw. -häufigkeit), aber auch der spezifische Alterseffekt (Interaktion von Anordnungsstruktur und Fixationsdauer) sind womöglich mit der für Kinder konstatierten Bilddominanz hinsichtlich des Ausmaßes visueller Zuwendung in Verbindung zu bringen (Tab. 8). Der Betrachtungskomplexität dürfte hier keine Bedeutung zukommen, da der Anteil unimodaler Betrachter pro Lernaufgabe unter beiden Anordnungsstrukturbedingungen für jede der Altersgruppen in etwa (bei Kindern völlig) gleich ist.

Eine varianzanalytische Verrechnung zur modalitätsübergreifenden Fixationshäufigkeit stützt die oben gegebene Einschätzung voll und ganz (vgl. Tab. 14): Alle drei Haupteffekte (Anordnungsstruktur, Lernalter und Lernaufgabe) werden auf dem 5 %- bzw. dem 1 %-Niveau (Lernalter) signifikant. Der entsprechende varianzanalytische Zugriff zur modalitätsübergreifenden mittleren Fixa-

F I X A T I O N S H Ä U F I G K E I T (Vpn mit bimodaler **und** unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Anordnungsstruktur	(Bild/Text; Text/Bild)
B: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)
C: Lernaufgabe	(LA I; LA II)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F
A	586.542	1	586.542	6.757*
B	1 474.960	1	1 474.960	16.933***
C	476.233	1	476.233	5.487*
A X B	98.292	1	98.292	1.132
A X C	0.933	1	0.933	0.011
B X C	0.992	1	0.992	0.011
A X B X C	18.317	1	18.317	0.211
Fehler	20 045.000	232	86.800	
Total	22 680.400	239		

$F_{(1,232;95\%)} = 3.88$
$F_{(1,232;99\%)} = 6.75$
$F_{(1,232;99.9\%)} = 11.20$

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 20.8926

TABELLE 14: 3-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsübergreifende Blickdichte (Fixationshäufigkeit), Erwachsene und Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

F I X A T I O N S D A U E R (Vpn mit bimodaler **und** unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Anordnungsstruktur	(Bild/Text; Text/Bild)
B: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)
C: Lernaufgabe	(LA I; LA II)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F
A	30.195	1	30.195	4.526*
B	257.983	1	257.983	38.671***
C	23.341	1	23.341	3.499
A X B	18.007	1	18.007	2.699
A X C	0.026	1	0.026	0.004
B X C	0.073	1	0.073	0.011
A X B X C	6.486	1	6.486	0.972
Fehler	1 540.620	232	6.671	
Total	1 873.790	239	$F_{(1,232;95\%)}$ = 3.88 $F_{(1,232;99\%)}$ = 6.75 $F_{(1,232;99.9\%)}$ = 11.20	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 2.8825

TABELLE 15: 3-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsübergreifende Blickdichte (Fixationsdauer), Erwachsene und Kinder (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

tionsdauer, bezogen auf alle (bi- und unimodale) Betrachter bimodalen Präsentationsmaterials, führt zu einem nahezu identischen Ergebnis (Tab. 15); lediglich der Haupteffekt "Lernaufgabe" verfehlt hier um weniges das 5 %-Signifikanzniveau. Interaktionseffekte werden in keiner dieser beiden Varianzanalysen statistisch bedeutsam.

Zu unterstreichen wäre in Bezug auf die quantitativen modalitätsübergreifenden Blickverhaltensmerkmale "Fixationshäufigkeit" und "mittlere Fixationsdauer" (also die "global measures") insgesamt das Ergebnis einer durchgängigen, in beiden Altersgruppen gleichsinnigen und unter allen Bedingungen zu verzeichnenden prozeßualen Veränderung von der ersten zur zweiten Lernaufgabe, sowie der deutliche altersdifferentielle Unterschied, der sich über alle Varianten von Anordnungsstruktur und Lernaufgaben hinweg durchsetzt (vgl. auch Tab. 13). Dieser Sachverhalt soll in den Kapiteln 5.3. und 5.4. auf seine Bedeutung als Indikator kapazitärer Lernvoraussetzungen/-voraussetzungsunterschiede einerseits und aufgabenspezifischer Umstrukturierungen funktioneller Leistungen visueller Informationsaufnahme und -verarbeitung andererseits hin untersucht werden. Inwieweit sich hinter den außerdem vorhandenen Plazierungseffekten zugleich noch Modalitätseffekte verbergen, kann erst anhand einer Analyse des Blickverhaltens aller derjenigen Vpn entschieden werden, die tatsächlich auch beide Modalitäten betrachtet haben.

Die aus einer Betrachtung nur der Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie gewonnenen Ergebnisse können nicht repräsentativ für die Gesamtstichprobe der hier vorgestellten Untersuchung, und damit auch nicht repräsentativ für die zu erwartende Zielpopulation eines praktischen Lehrmitteleinsatzes sein: Der beträchtliche und unter allen bimodalen Präsentationsbedingungen in den einzelnen Lernaufgaben altersrelativ gleich hohe Anteil von Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie (bis zu 1/3 der Kinderstichprobe!) läßt hier das systematische Wirksamwerden personspezifischer Ursachen vermuten, die u. U. über das Blickverhalten hinaus auch die weitere (visuelle) Informationsverarbeitung und ggf. die Lernleistung generell beeinflussen. Dies soll in 5.3. und 5.4. näher untersucht werden. In jedem Fall muß diese Teilstichprobe von Vpn mit nur unimodaler Betrachtungsstrategie bei generalisierbaren Aussagen zur Lernwirksamkeit unterschiedlicher Visualisationsformen wie auch zu deren Einfluß auf die Struktur der visuellen Informationsaufnahme Berücksichtigung finden; eine Beschränkung auf die Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie allein kann insgesamt nicht zu praktisch hinreichenden Antworten führen.

Dennoch sollen die quantitativen Blickverhaltensmerkmale auch für die Gruppe der bimodalen Betrachter gesondert analysiert werden. Ähnlich, wie etwa die aus den bisherigen Befunden zur semantischen Diskrepanzhypothese (vgl. 2.2.3.) im Zusammenhang mit einer bestimmten Betrachtungsabfolge abgeleiteten Erwartungen bezüglich einer überlegenen Lernwirksamkeit bimodaler Präsentationsformen nur für die Gruppe der bimodalen Betrachter aufrechterhalten werden kann, lassen sich möglicherweise auch bezüglich der mit den übrigen Blickverhaltensmerkmalen verbundenen Hypothesen wichtige Differenzierungen vornehmen. Die entsprechenden Gruppen-Mittelwerte und Streuungen sind, jeweils modalitätsbezogen differenziert, für Fixationshäufigkeit, mittlere Fixationsdauer und Fixationszeit in Tab. 9 (erwachsene bimodale Betrachter) und Tab. 10 (9- bis 14jährige bimodale Betrachter) wiedergegeben.

Die in Abb. 24 veranschaulichten und einer 4-faktoriellen Varianzanalyse (Tab. 16) unterzogenen Ergebnisse bezüglich der bei Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie auf Bild bzw. Text entfallenden Fixationszeit lassen im Gegensatz zu der unausgelesenen Gesamtstichprobe (bi- und unimodale Betrachter) keinerlei statistisch relevante Effekte mehr erkennen. Insbesondere der in der Gesamtstichprobe hochsignifikante Haupteffekt modalitätsbezogener visueller Zuwendung (in beiden Altersgruppen zu verzeichnende Bildpräferenz; Tab. 11) scheint im wesentlichen auf den Anteil der unimodalen Nur-Bild-Betrachter zurückzuführen zu sein. Die in der Gesamtstichprobe signifikanten Interaktionseffekte 1. Ordnung schlagen sich mit geringer Ausprägung in den Gruppenmittelwerten der selegierten Stichprobe noch nieder (Interaktion von Anordnungsstruktur und Modalität allein auf Seiten der Erwachsenen; prädominante Bildzuwendung auf Seiten der Kinder), werden jedoch nicht signifikant und nivellieren sich zunehmend mit der zweiten Lernaufgabe.

Die Analyse der in Abb. 25 veranschaulichten und einer 4-faktoriellen Varianzanalyse (Tab. 17) unterzogenen Ergebnisse bezüglich der bei bimodalen Betrachtern auf die Bild- bzw. auf die Textkomponente entfallenden Fixationshäufigkeiten führt, mit einigen Differenzierungen, in der Tendenz zum gleichen Resultat wie bei der Gesamtstichprobe (bi- und unimodale Betrachter zusammengenommen). Nach wie vor signifikant bleibt der Haupteffekt "Lernalter" (Kinder haben insgesamt weniger, jedoch längere Fixationen). Auch der Prozeßeffekt (Absinken der Gesamt-Fixationshäufigkeit mit der zweiten gegenüber der ersten Lernaufgabe) ist wiederum in beiden Altersgruppen für jede

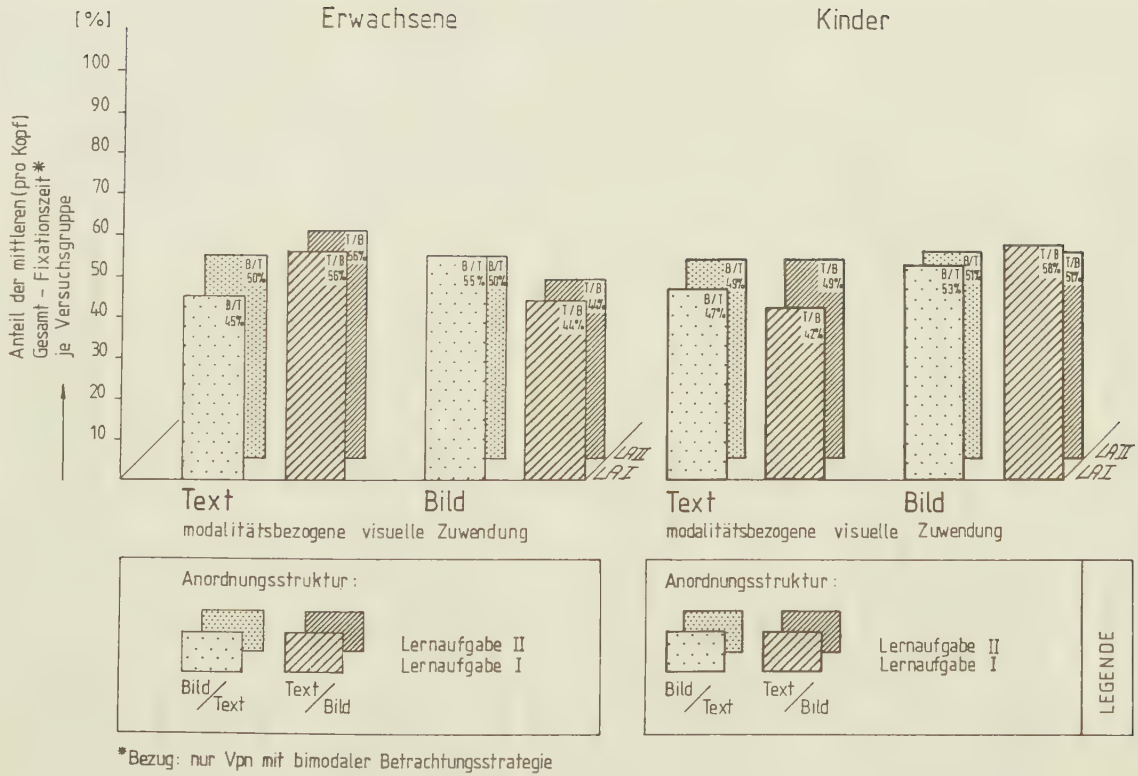


Abb. 24: Ausmaß visueller Zuwendung (Fixationszeit) zu Bild und Text (nur bimodale Betrachter)

Faktoren	Faktorstufen
A: Anordnungsstruktur	(Bild/Text; Text/Bild)
B: Modalität	(Bild; Text)
C: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)
D: Lernaufgabe	(LA I; LA II)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F
A	12.709	1	12.709	0.583
B	25.611	1	25.611	1.175
C	1.176	1	1.176	0.054
D	15.788	1	15.788	0.725
A X B	1.887	1	1.887	0.087
A X C	12.738	1	12.738	0.585
A X D	15.159	1	15.159	0.696
B X C	0.019	1	0.019	0.001
B X D	43.173	1	43.173	1.981
C X D	14.308	1	14.308	0.657
A X B X C	0.249	1	0.249	0.011
A X B X D	15.106	1	15.106	0.693
A X C X D	16.847	1	16.847	0.773
B X C X D	6.271	1	6.271	0.288
A X B X C X D	3.345	1	3.345	0.154
Fehler	8 195.980	384	21.791	
Total	8 412.560	399	$F_{(1,384;95\%)}$ =	3.87

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: -32.1953

TABELLE 16: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische visuelle Zuwendung (Fixationszeit), Erwachsene und Kinder (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

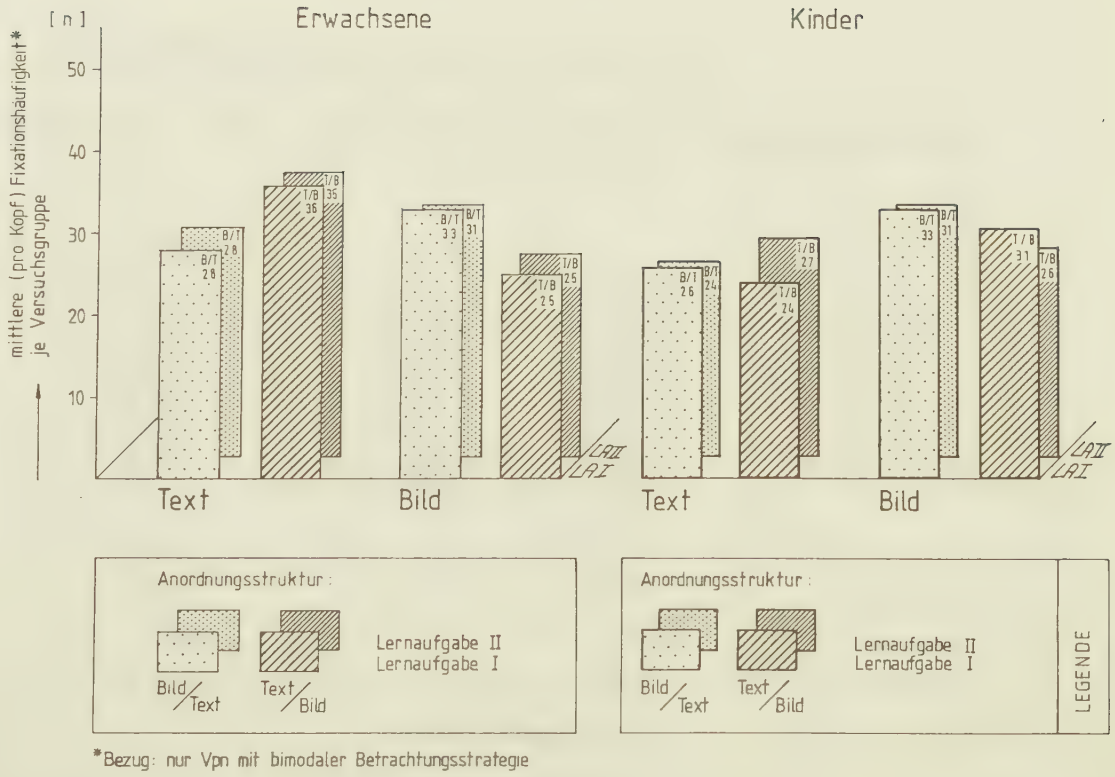


Abb. 25: Modalitätsbezogene Fixationshäufigkeit (nur bimodale Betrachter)

Faktoren	Faktorstufen
A: Modalität	(Bild; Text)
B: Anordnungsstruktur	(Bild/Text; Text/Bild)
C: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)
D: Lernaufgabe	(LA I; LA II)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F
A	143.815	1	143.815	1.332
B	87.165	1	87.165	0.807
C	467.895	1	467.895	4.332*
D	245.962	1	245.962	2.277
A X B	1 970.590	1	1 970.590	18.246***
A X C	1 405.430	1	1 405.430	13.013***
A X D	53.371	1	53.371	0.494
B X C	44.923	1	44.923	0.416
B X D	0.359	1	0.359	0.003
C X D	2.537	1	2.537	0.023
A X B X C	488.095	1	488.095	4.519*
A X B X D	0.335	1	0.335	0.003
A X C X D	181.031	1	181.031	1.676
B X C X D	1.340	1	1.340	0.012
A X B X C X D	232.871	1	232.871	2.156
Fehler	40 622.400	384	108.003	
Total	46 301.000	399	$F_{(1,384;95\%)}$ = 3.87 $F_{(1,384;99\%)}$ = 6.73 $F_{(1,384;99.9\%)}$ = 11.10	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: -352.867

TABELLE 17: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische Blickdichte (Fixationshäufigkeit), Erwachsene und Kinder (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

der einzelnen Unterkategorien zu konstatieren, wird jedoch im Rahmen der Varianzanalyse, wenn auch erkennbar (vgl. Tab. 17), für die bimodalen Betrachter allein nicht mehr signifikant.

Der für die Gesamtstichprobe signifikante Anordnungsstruktureffekt erweist sich nunmehr, bei Hinzunahme der Modalitätsdifferenzierung als eines weiteren Einflußfaktors, als eng mit der Modalitätsdifferenzierung verknüpft: Die oben plazierte Informationsmodalität wird generell (dies gilt tendenziell für beide Altersgruppen) häufiger fixiert als die unten plazierte (hochsignifikanter Interaktionseffekt von modalitätsbezogener Fixationshäufigkeit und Anordnungsstruktur; Tab. 17). Hierbei wird zusätzlich ein spezieller Alterseffekt deutlich: Erwachsene fixieren die oben plazierte Textkomponente häufiger als die oben plazierte Bildkomponente, Kinder verhalten sich genau umgekehrt (signifikante Interaktion 2. Ordnung; Tab. 17). Zudem weisen Kinder auch bei bimodaler Betrachtungsstrategie insgesamt erheblich weniger Textfixationen auf als Erwachsene (hochsignifikanter Interaktionseffekt von modalitätsbezogener Fixationshäufigkeit und Lernalter; Tab. 17); auch dieses Ergebnis wird von dem bei Erwachsenen stabil ausgeprägten Anordnungsstruktureffekt miteinbeflußt (vgl. die signifikante Interaktion 2. Ordnung in Tab. 17).

Der varianzanalytische Zugriff zur mittleren Fixationsdauer bei Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie (Abb. 26; Tab. 18) bestätigt zunächst den generellen Alterseffekt: Kinder weisen durchgängig weniger, aber erheblich längere Fixationen auf als Erwachsene (hochsignifikanter Haupteffekt in Tab. 18). Der Prozeßeffekt (generelle Zunahme der Fixationsdauer mit der zweiten Lernaufgabe) ist sowohl in den Daten durchgängig wie auch in der Ergebnistabelle der Varianzanalyse zu erkennen, bleibt jedoch weit unter dem Signifikanzniveau. Ferner ist, wie bereits vermutet, der Anordnungsstruktureffekt eng mit einem Modalitätseffekt verbunden (signifikante Interaktion von modalitätsspezifischer mittlerer Fixationsdauer und Anordnungsstruktur; Tab. 18). Dieser Effekt ist bei Erwachsenen vergleichsweise unklar, bei Kindern jedoch überdeutlich ausgeprägt: Die unten plazierte Informationsmodalität wird durchweg mit längeren Fixationen bedacht als die auf der oberen Vorlagenhälfte plazierte. Modalitätsspezifische Unterschiede in der mittleren Fixationsdauer zeigen sich direkt in beiden Altersgruppen jeweils für die auf der oberen Vorlagenhälfte plazierten Informationskomponenten: Hier fallen die Text-Fixationen im allgemeinen länger aus als die Bild-Fixationen.

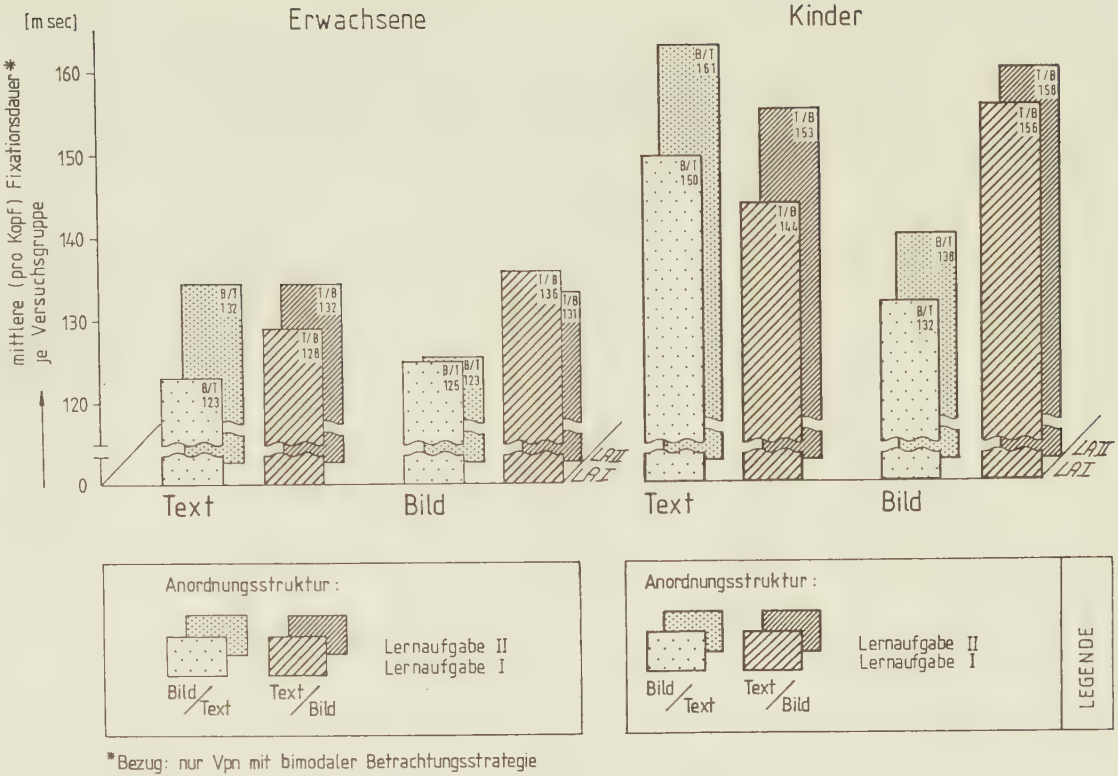


Abb. 26: Modalitätsbezogene Fixationsdauer (nur bimodale Betrachter)

FIXATIONSDAUER (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Modalität	(Bild; Text)
B: Anordnungsstruktur	(Bild/Text; Text/Bild)
C: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)
D: Lernaufgabe	(LA I; LA II)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F
A	12.786	1	12.786	1.148
B	32.549	1	32.549	2.923
C	366.658	1	366.658	32.924***
D	25.812	1	25.812	2.318
A X B	102.027	1	102.027	9.162**
A X C	5.211	1	5.211	0.468
A X D	19.673	1	19.673	1.767
B X C	3.650	1	3.650	0.328
B X D	4.505	1	4.505	0.405
C X D	6.217	1	6.217	0.558
A X B X C	25.555	1	25.555	2.295
A X B X D	0.616	1	0.616	0.055
A X C X D	4.003	1	4.003	0.359
B X C X D	2.064	1	2.064	0.185
A X B X C X D	0.688	1	0.688	0.062
Fehler	41 188.640	384	11.136	
Total	47 775.500	399	$F_{(1,384;95\%)}$ = 3.87 $F_{(1,384;99\%)}$ = 6.73 $F_{(1,384;99.9\%)}$ = 11.10	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 25.1563

TABELLE 18: 4-faktorielle Varianzanalyse: modalitätsspezifische Blickdichte (Fixationsdauer), Erwachsene und Kinder (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

Bemerkenswert ist dabei insgesamt, daß die Modalitäts- und Alterseffekte bezüglich der modalitätsbezogenen Verteilung der Fixationszeit (alle Betrachter; Tab. 11) in erster Linie auf den jeweils enthaltenen Anteil unimodaler Betrachter zurückzuführen zu sein scheinen, und daß weiterhin die bezüglich der Fixationszeit festgestellte Interaktion von Informationsmodalität und Anordnungsstruktur (generelle Präferenz der oberen Vorlagenhälfte) im wesentlichen auf einer entsprechenden Verteilung der Fixationshäufigkeiten zu beruhen scheint, deren Effekt nun wiederum auf Seiten der Kinder, nicht aber, oder zumindest nicht vollständig auf Seiten der Erwachsenen, unter der Voraussetzung bimodaler Betrachtungsstrategie von einer im Effekt genau entgegengesetzten, systematischen Variation der durchschnittlichen Fixationsdauer auf den unterschiedlichen Vorlagenarealen einerseits und Informationsmodalitäten andererseits nahezu vollends kompensiert wird. Dieser Kompensationseffekt ist dabei offensichtlich nicht an die Informationsmodalität gebunden, sondern resultiert allein aus der Betrachtungsabfolge.

Inwieweit bei der Interaktion von Anordnungsstruktur und Informationsmodalität bezüglich der arealbezogenen Blickdichte (Fixationshäufigkeit) Auswirkungen der rein flächenbezogenen Plazierung (oben - unten), der Betrachtungsabfolge (erst oben - dann unten, bzw. erst Bild - dann Text) oder möglicherweise einer zeitlich erstreckten, allgemeinen Verlaufscharakteristik visueller Zuwendung konfundiert sind, läßt sich anhand der vorliegenden Daten nicht eindeutig entscheiden. Die Einschätzung der konkreten Daten (vgl. Abb. 22 und Abb. 25) scheint mir jedoch in erster Linie einen prädominanten Einfluß der Betrachtungsabfolge nahezulegen, was auch den entsprechenden Prozeßeffekt auf Seiten der Kinder unter der Anordnungsstruktur "Text oben - Bild unten" erklären würde; dort setzt sich in der Betrachtungsabfolge mit der zweiten Lernaufgabe die habituelle Oben-Unten-Blickstrategie gegenüber der ursprünglichen Bildpräferenz (erst Bild, dann Text) durch, was mit einer entsprechenden Verschiebung in den modalitätsspezifischen Anteilen der Fixationshäufigkeit und der Fixationszeit einhergeht.

Festzuhalten bleibt darüber hinaus der generelle Altersunterschied hinsichtlich der modalitätsübergreifenden mittleren Blickdichte (Fixationshäufigkeit bzw. komplementär dazu mittlere Fixationsdauer), der sich in durchschnittlich mehr und kürzeren Fixationen der Erwachsenen gegenüber den Vergleichswerten der Kinder niederschlägt. Sieht man einmal von dem in den beiden Altersgruppen unterschiedlich proportionierten Anteil der Vpn mit unimodaler, also kon-

kret nur bildbezogener Betrachtungsstrategie ab, so zeigt sich dieser Effekt - modalitätsspezifisch betrachtet - besonders deutlich anhand der Textfixationen.

Vereinfacht und unter Beiseitelassen etlicher der oben dargestellten, differenzierten Teilergebnisse läßt sich also bezüglich der quantitativen Blickverhaltensmerkmale erstens ein Modalitätseffekt konstatieren, der sich hauptsächlich im Auftreten einer unimodalen, rein bildbezogenen Betrachtungsstrategie niederschlägt, und der bei Kindern weitaus stärker ausgeprägt ist als bei Erwachsenen. Zweitens zeigt sich, modalitäts- und anordnungsstrukturübergreifend, ein Plazierungseffekt, der in einer größeren Blickdichte (Fixationshäufigkeit) auf der i. d. R. zuerst betrachteten oberen Vorlagenhälfte resultiert und tendenziell zu einer Vergrößerung des relationalen Anteils der auf die obere Vorlagehälfte entfallenden Fixationszeit führt (einfacher Plazierungseffekt; Erwachsene). Dieser letztere Effekt wird jedoch bei Kindern durch ein der Fixationshäufigkeit entgegengesetztes Verhältnis der auf die obere und untere Vorlagenhälfte entfallenden mittleren Fixationsdauer weitgehend kompensiert (doppelter Plazierungseffekt). Drittens ergibt sich, alters-, modalitäts- und anordnungsstrukturübergreifend, ein allgemeiner Prozeßeffekt, der in einer generellen Reduzierung der mittleren Blickdichte bei gleichzeitiger Verlängerung der mittleren Fixationsdauer mit der zweiten gegenüber der ersten Lernaufgabe zum Ausdruck kommt. Viertens ergeben sich, summarisch betrachtet, zwei Altersseffekte, die einerseits in einer an vielen Stellen sich auswirkenden Bildpräferenz der Kinder gegenüber der zunehmend habitualisierten Präferenz der oberen Vorlagenhälfte, andererseits in einer generell geringeren Blickdichte der Kinder gegenüber den Erwachsenen erkennbar werden.

Faßt man die Ausführungen dieses Kapitels im Hinblick auf die in 3.1. formulierten Arbeitshypothesen zusammen, so ergibt sich unter Einbeziehung auch der statistisch nicht signifikanten, aber konsistenten und daher interpretationsfähigen Teilresultate folgendes Bild: Die in Bezug auf Modalitätseffekte aufgestellten Hypothesen zum Erstkontakt (Hypothese A) und zum Zuwendungsausmaß (Hypothese B) können als voll bestätigt gelten. Gleiches gilt für die bezüglich Erstkontakt (Hypothese C) und Betrachtungsabfolge (Hypothese D) erwarteten Plazierungseffekte. Die im Hinblick auf das Zuwendungsausmaß postulierten Plazierungseffekte (Hypothese E) haben sich für die Gruppe der Erwachsenen als voll zutreffend erwiesen; bei Kindern gelten die vorausgesagten Ef-

fekte uneingeschränkt nur für die Blickverhaltensmerkmalsklasse "Fixationshäufigkeit" und werden, bezogen auf die Merkmalsklasse "Fixationszeit", von gegenläufigen "doppelten" Plazierungseffekt bezüglich der mittleren Fixationsdauer kompensiert und insgesamt von einer ausgeprägten, und als solcher für diese Altersgruppe auch vorausgesagten Bildpräferenz vollständig überlagert. Die Hypothese E kann damit insgesamt auch als bestätigt gelten; die Ergebnisse machen jedoch in Teilen eine differenziertere Betrachtung der den diskutierten Effekten zugrunde liegenden Sachverhalte erforderlich. Auch hat sich die Richtigkeit der methodischen Entscheidung bestätigt, Aussagen zum Ausmaß visueller Zuwendung nicht, wie bislang allgemein üblich, an der Blickdichte allein festzumachen, sondern die Fixationszeit als komplexe Meßgröße gesondert zu bearbeiten. Die unter dem Gesichtspunkt zu erwartender Prozeßeffekte in bezug auf Erstkontakt (Hypothese F) und Betrachtungsabfolge (Hypothese G) postulierten Arbeitshypothesen finden, unter Einbeziehung der konkreten, auch nicht-signifikanten Ergebnisse (Tab. 1, Tab. 2, Tab. 5, Tab. 6) ebenfalls ihre volle Bestätigung. Lediglich bezüglich der letzten, auf das Zuwendungsausmaß abzielenden Prozeßhypothese (H) sind Einschränkungen vorzunehmen: Bei Erwachsenen ist die postulierte Zunahme der Textzuwendung mit der zweiten Lernaufgabe empirisch nur marginal; bei Kindern dokumentiert sich die postulierte verstärkte Bildzuwendung in einer signifikanten Zunahme von Vpn mit einer unimodalen, nur auf die Bildkomponente beschränkten Betrachtungsstrategie, nicht jedoch in einem über alle Vpn zunehmenden Ausmaß visueller Zuwendung zur Bildkomponente. Viel eher ist auch in dieser Altersgruppe, bezogen auf die Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie, ein leichter relativer Anstieg der Textzuwendung zu beobachten. Die insgesamt in beiden Altersgruppen vorherrschende Prozeßtendenz ist jedoch vielmehr (zumindest unter bimodaler Betrachtungsstrategie) eine Nivellierung bzw. Angleichung der anteiligen visuellen Zuwendung zu Bild und Text.

Über die in den Arbeitshypothesen antizipierten Effekte hinaus seien abschließend nochmals neben dem unerwarteten und dem theoretischen Gesamtkontext nach für die weitere Informationsverarbeitung der Vpn (und damit für die Lernwirksamkeit der betreffenden Visualisationsformen) sehr bedeutsamen Aspekt unterschiedlicher Betrachtungskomplexität (bi- bzw. unimodal) in seinen alters- und prozeßspezifischen Ausformungen, der deutliche, modalitäts- und lernschrittübergreifende Alterseffekt hinsichtlich der mittleren Blickdichte, sowie der altersübergreifende Prozeßeffekt bezüglich eben dieser globalen Größe des Blickverhaltens herausgehoben. Wenn auch im Rahmen der engeren Arbeitshypothe-

sen nicht notwendig eingebunden, stimmen die empirischen Befunde zumindest bezüglich der beiden letztgenannten Effekte mit den in 2.3.4. und in 2.4. mehrfach getroffenen theoretischen Einschätzungen gut überein. Über ihren konkreten Stellenwert im Rahmen der Fragestellung der vorliegenden Arbeit wird in 5.3. und in 5.4. noch zu befinden sein.

5.2. Zur Abhängigkeit der sensomotorischen Lernleistung von der Verwendung bildhafter bzw. verbaler Information und von der Kodierungskomplexität

Die von Kindern und Erwachsenen unter verschiedenen bi- und unimodalen Präsentationsbedingungen erreichten kognitiven (Bewegungsvorstellung; Bildkartenauswahltest BKAT) und sensomotorischen Lernleistungen (Bewegungsausführung; Realisierungstest RT) sind als Gruppenmittelwerte mit den zugehörigen Standardabweichungen in Tab. 19 und Tab. 20 wiedergegeben. Da Testaufgaben und -leistungen zu beiden Lernaufgaben nicht identisch sind, und im Falle des RT aufgrund der unterschiedlichen Komplexität der Zielbewegungen auch die Rohpunktwerte beider Lernaufgaben unter dem Gesichtspunkt der erbrachten Lernleistung nicht direkt vergleichbar sind, wurden alle varianzanalytischen Verrechnungen für beide Lernaufgaben jeweils gesondert vorgenommen.

Zwei 2-faktorielle Varianzanalysen der BKAT-Ergebnisse (Tab. 21 und Tab. 22) zeigen jeweils in der ersten und zweiten Lernaufgabe ein hochsignifikantes Ergebnis für den Haupteffekt "Lernalter": Erwachsene sind Kindern in der Entwicklung einer Bewegungsvorstellung in beiden Lernaufgaben deutlich überlegen. Dies gilt im Prinzip für alle vier Präsentationsbedingungen, denn Interaktionseffekte treten nicht auf.

Für die erste Lernaufgabe wird zudem der vierfach gestufte Haupteffekt "Präsentationsbedingung" signifikant. Nach Sicht der Daten (vgl. Tab. 21 und Tab. 22) ist dies praktisch ausschließlich auf ein relational schlechteres Abschneiden der Vpn unter der Präsentationsbedingung "Nur Text" zurückzuführen, und zwar vor allen Dingen auf Seiten der Erwachsenen. Für jede Altersgruppe (und dort für jede Lernaufgabe) gesondert berechnete, einfaktorielle Varianzanalysen über die vier Präsentationsbedingungen bestätigen diesen Ein-

Lernaufgabe	Präsentationsform	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	18.1	2.7	15.1	2.0	32
	Text/Bild	17.8	2.9	14.6	2.0	32
	nur Bild	18.9	2.4	14.9	2.5	29
	nur Text	16.4	3.5	14.2	2.4	31
LA II	Bild/Text	16.6	3.4	16.8	4.1	32
	Text/Bild	17.6	3.6	17.7	3.1	32
	nur Bild	18.2	2.8	17.5	3.7	29
	nur Text	16.7	3.1	17.0	3.6	31

TABELLE 19: Lernleistung Erwachsene in Abhängigkeit von der Präsentationsform

Lernaufgabe	Präsentationsform	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	16.9	3.0	14.1	2.4	28
	Text/Bild	15.9	3.0	13.1	3.1	28
	nur Bild	15.9	3.1	10.9	2.6	22
	nur Text	15.4	2.4	11.0	3.6	22
LA II	Bild/Text	16.9	2.3	15.6	3.4	28
	Text/Bild	15.6	3.8	15.5	3.9	28
	nur Bild	16.2	3.2	12.4	3.5	22
	nur Text	15.0	2.6	13.5	3.7	22

TABELLE 20: Lernleistung Kinder in Abhängigkeit von der Präsentationsform

BILDKARTENAUSWAHLTEST-LEISTUNG, LERNAUFGABE I (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Präsentationsform	(Bild/Text; Text/Bild; Nur Bild; Nur Text)
B: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F	erklärte Varianz
A	93.979	3	31.326	3.488*	4.28 %
B	169.216	1	169.216	18.840***	7.72 %
A X B	32.199	3	10.733	1.195	1.46 %
Fehler	1 899.550	216	8.982		
Total	2 191.900	223	$F_{(3,216;95\%)} = 2.64$	$F_{(1,216;95\%)} = 3.88$	
			$F_{(3,216;99\%)} = 3.86$	$F_{(1,216;99\%)} = 6.74$	
			$F_{(3,216;99.9\%)} = 5.61$	$F_{(1,216;99.9\%)} = 11.30$	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 3.0473

TABELLE 21: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Kognitive Repräsentanz Lernaufgabe I), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung

BILDKARTENAUSWAHLTEST-LEISTUNG, LERNAUFGABE II (Vpn mit bimodaler **und** unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Präsentationsform	(Bild/Text; Text/Bild; Nur Bild; Nur Text)
B: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F	erklärte Varianz
A	50.419	3	16.806	1.559	2.03 %
B	103.357	1	103.357	9.589**	4.17 %
A X B	51.551	3	17.184	1.594	2.08 %
Fehler	2 279.750	216	10.779		
Total	2 478.150	223	$F_{(3,216;95\%)} = 2.64$ $F_{(3,216;99\%)} = 3.86$ $F_{(3,216;99.9\%)} = 5.61$	$F_{(1,216;95\%)} = 3.88$ $F_{(1,216;99\%)} = 6.74$ $F_{(1,216;99.9\%)} = 11.30$	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 6.9292

TABELLE 22: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Kognitive Repräsentanz Lernaufgabe II), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung

druck: das einzig signifikante Resultat ergibt sich für die Gruppe der Erwachsenen in der ersten Lernaufgabe ($F = 3.81$; $F_{(3,120;.05)} = 2.674$). Zum gleichen Ergebnis führen die parallel zu allen einfaktoriellen Varianzanalysen gerechneten H-Tests (verteilungsfreie Varianzanalysen): Auch hier wird allein für die Gruppe der Erwachsenen in LA I mit einem (korrigierten) H-Wert von 8.54 und $\chi^2_{(3;0.05)} = 7.81$ ein signifikantes Resultat erzielt. Ein für diesen Fall gerechneter vollständiger Scheffe-Test zu BKAT LA I, Erwachsene, zeigt nur einen signifikanten Paarvergleich zwischen den Bedingungen "Nur Text" und "Nur Bild" ($Diff_{\bar{x}} = 2.51$; $Diff_{crit(0.05)} = 2.19$), sowie einen signifikanten Unterschied der Bedingung "Nur-Text" im Vergleich zu allen drei übrigen Faktorstufen ($D = -5.71$; $Diff_{crit(0.05)} = 5.22$). Die entscheidende Ergebnisdifferenz ist also offensichtlich zwischen den Präsentationsbedingungen "Nur-Text" und "Nur-Bild" zu suchen. Dieses Ergebnis scheint allerdings, da es sich nur auf die erste Lernaufgabe beschränkt findet, wenig konsistent (bzw. reliabel) zu sein.

Betrachtet man die varianzanalytische Verrechnung der RT-Ergebnisse (Tab. 23 und Tab. 24), so zeigen sich in einigen Punkten allerdings deutliche Unterschiede gegenüber den BKAT-Ergebnissen. Identisch ist lediglich der auch hier in beiden Lernaufgaben hochsignifikante Haupteffekt "Lernalter"; Erwachsene sind also Kindern auch in der Bewegungsausführung unter allen vier Präsentationsbedingungen deutlich (hochsignifikant) überlegen.

Daneben zeigt sich jedoch ein Interaktionseffekt von Lernalter und Präsentationsbedingungen, der für die erste Lernaufgabe hochsignifikant (Tab. 23), für die zweite Lernaufgabe immerhin noch signifikant ausfällt (Tab. 24). Der Haupteffekt "Präsentationsbedingung" selber erreicht dagegen, im Unterschied zu den BKAT-Ergebnissen, an keiner Stelle das Signifikanzniveau. Offensichtlich wird die sensomotorische Lernleistung in einer der beiden Altersgruppen in beträchtlichem Maße von der jeweiligen Präsentationsform der visuellen Lehrinformation beeinflußt, in der anderen Altersgruppe dagegen nicht. Nach Sicht der Daten - eine entsprechende Veranschaulichung findet sich in Abb. 27 erweisen sich bei Kindern (nicht jedoch bei Erwachsenen!) beide bimodalen Präsentationsformen (Text-Bild-Kombinationen) den unimodalen Präsentationsformen (entweder Nur-Text oder Nur-Bild) gegenüber als eindeutig lernwirksamer.

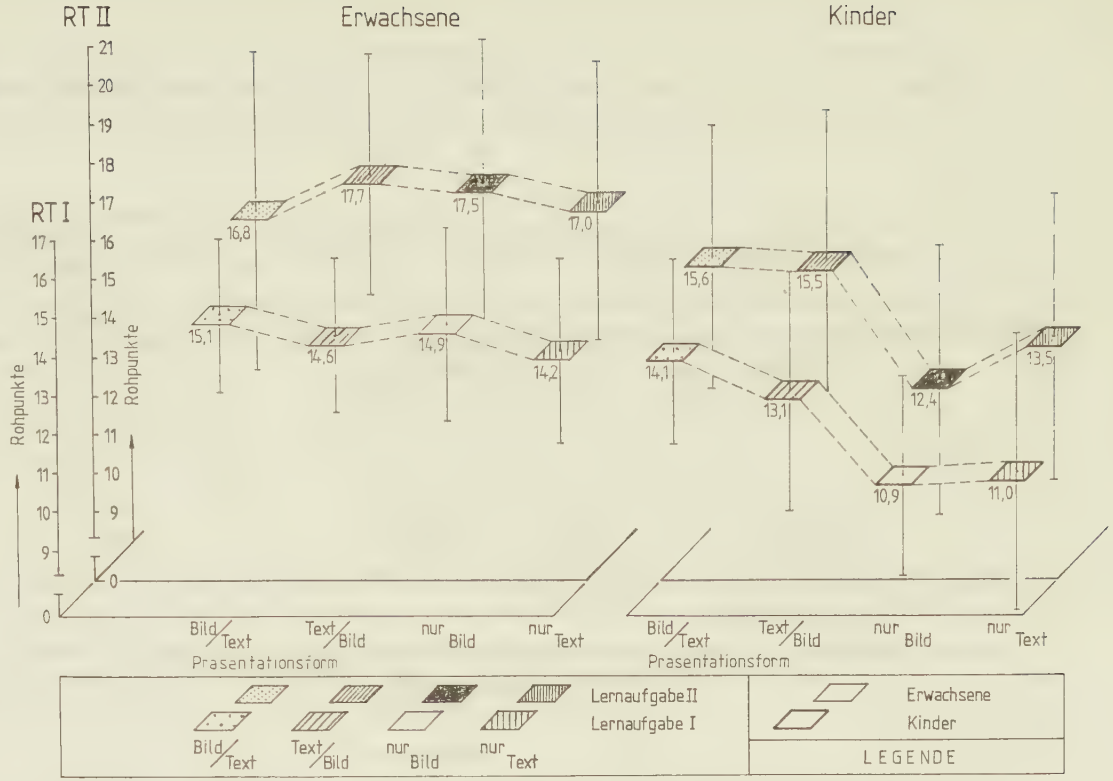


Abb. 27: Treatmentbezogene sensomotorische Lernleistung (alle Vpn) bei sofortiger Abfrage

REALISIERUNGSTEST-LEISTUNG, LERNAUFGABE I (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Präsentationsform	(Bild/Text; Text/Bild; Nur Bild; Nur Text)
B: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F	erklärte Varianz
A	16.163	3	5.388	0.601	0.53 %
B	805.744	1	805.744	89.844***	26.64 %
A X B	376.266	3	125.422	13.985***	12.44 %
Fehler	1 896.740	216	8.968		
Total	3 023.620	223	$F_{(3,216;95\%)} = 2.64$ $F_{(3,216;99\%)} = 3.86$ $F_{(3,216;99.9\%)} = 5.61$		$F_{(1,216;95\%)} = 3.88$ $F_{(1,216;99\%)} = 6.74$ $F_{(1,216;99.9\%)} = 11.30$

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 71.2976

TABELLE 23: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Bewegungsausführung Lernaufgabe I), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung

REALISIERUNGSTEST-LEISTUNG, LERNAUFGABE II (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie)

Faktoren	Faktorstufen
A: Präsentationsform	(Bild/Text; Text/Bild; Nur Bild; Nur Text)
B: Lernalter	(Kinder; Erwachsene)

Q. d. V.	QS	df	$\hat{\sigma}^2$	F	erklärte Varianz
A	93.587	3	31.196	2.236	2.57 %
B	531.224	1	531.224	38.072***	14.63 %
A X B	125.978	3	41.993	3.010*	3.46 %
Fehler	2 951.050	216	13.953		
Total	3 630.880	223	$F_{(3,216;95\%)} = 2.64$ $F_{(3,216;99\%)} = 3.86$ $F_{(3,216;99.9\%)} = 5.61$	$F_{(1,216;95\%)} = 3.88$ $F_{(1,216;99\%)} = 6.74$ $F_{(1,216;99.9\%)} = 11.30$	

Die Differenz zwischen der additiv ermittelten QS-Tot und dem berechneten Wert beträgt: 70.9575

TABELLE 24: 2-faktorielle Varianzanalyse: sensomotorische Lernleistung (Bewegungsausführung Lernaufgabe II), Erwachsene und Kinder, alle Präsentationsformen, vollständige Zellenbesetzung

Dieses Ergebnis zeigt sich konsistent für beide aufeinanderfolgenden Lernaufgaben und konnte mit vier einfaktoriellen parameterfreien Varianzanalysen (H-Test nach KRUSKAL/WALLIS; "Präsentationsbedingung" als vierfach gestufter Faktor) bestätigt werden: Es zeigen sich mit $\chi^2_{(3;0.05)} = 7.81$ und (korrigierten) H-Werten von 3.08 (LA I) bzw. 0.60 (LA II) keine Effekte bei Erwachsenen, jedoch mit (korrigierten) H-Werten von 17.83 (LA I) bzw. 11.45 (LA II) und $\chi^2_{(3;0.01)} = 11.34$ für beide Lernaufgaben hochsignifikante Ergebnisse bei Kindern.

Die Berechnung der Kontraste (U-Test nach MANN/WHITNEY, Tab. 25; t-Test, Tab. 26) zeigt statistisch relevante Unterschiede bei Kindern nur zwischen bimodalen Präsentationsformen einerseits und unimodalen Präsentationsformen andererseits; die Lernergebnisse zwischen Gruppen innerhalb dieser Rahmenbedingungen (etwa "Nur-Text" versus "Nur-Bild" oder "Bild oben - Text unten" versus "Text oben - Bild unten") weichen dagegen nicht überzufällig voneinander ab. Ausschlaggebend für die statistisch relevanten Unterschiede in der sensomotorischen Lernleistung bei Kindern, gemessen an der Bewegungsausführung, scheint demnach allein die Kodierungskomplexität (also entweder bimodal oder unimodal) zu sein, nicht aber die Art oder Anordnung der verwendeten Informationsmodalität(en)!

Da in der Gruppe der Erwachsenen die varianzanalytischen Berechnungen keinerlei Lernleistungsunterschiede (RT!) erkennen lassen, erübrigt sich für diese Altersgruppe die Berechnung von Kontrasten und speziellen Einzelvergleichen.

Die entscheidende Rolle, die gerade der Kodierungskomplexität im Hinblick auf die sensomotorische Lernleistung von Kindern zukommt (Erwachsene zeigen nach dem Ergebnis der Varianzanalysen keinerlei Leistungsunterschiede in Abhängigkeit von den Präsentationsbedingungen!), wird zusätzlich noch durch die in Tab. 27 aufgeführten, ausgewählten Einzelvergleiche nach dem generellen Ansatz des Scheffe-Tests für ungleiche Stichprobenumfänge zu den in Tab. 23 und in Tab. 24 wiedergegebenen zweifaktoriellen Varianzanalysen unterstrichen: Diese in den Hypothesen I und L a priori ins Auge gefaßten Einzelvergleiche belegen, daß in beiden Lernaufgaben (LA I sowie LA II) Kinder unter beiden bimodalen Präsentationsbedingungen zusammengenommen hochsignifikant bessere sensomotorische Lernleistungen (RT) erbringen als unter beiden unimodalen Präsentationsbedingungen zusammengenommen. Ferner zeichnet sich für beide Lernaufgaben eine

Paarvergleiche der Präsentationsbedingungen (U-Test)	R T I normierte U-Werte u	R T I I normierte U-Werte u
NUR BILD : $BILD/_{TEXT}$	- 3.77***	- 3.00**
NUR BILD : $TEXT/_{BILD}$	- 2.50*	- 2.62**
NUR TEXT : $BILD/_{TEXT}$	- 3.11**	-1.86(*)
NUR TEXT : $TEXT/_{BILD}$	- 1.979*	- 1.62
NUR BILD : NUR TEXT	- 0.26	- 0.93
$BILD/_{TEXT}$: $TEXT/_{BILD}$	1.14	0.20

Bei $\|u\| \geq u_\alpha$ Zurückweisung von H_0	α	u_α (einseitig)	u_α zweiseitig
	0.05	1.64	1.96
	0.01	2.33	2.58
	0.001	3.09	3.29

TABELLE 25: Kontraste (Kinder): Unterschiedsprüfung der unter verschiedenen Präsentationsbedingungen in der ersten bzw. in der zweiten Lernaufgabe erzielten Realisierungstest-Leistung nach dem U-Test (parameterfreies Prüfverfahren)

Paarvergleiche der Präsentationsbedingungen (t-Test)	R T I berechnete t-Werte t	R T I I berechnete t-Werte t	Freiheitsgrade f
NUR BILD : $BILD/_{TEXT}$	4.52***	3.32**	48
NUR BILD : $TEXT/_{BILD}$	2.67*	2.92**	48
NUR TEXT : $BILD/_{TEXT}$	3.46**	2.16*	48
NUR TEXT : $TEXT/_{BILD}$	2.18*	$1.85^{(*)}$	48
NUR BILD : NUR TEXT	0.14	1.01	42
$BILD/_{TEXT}$: $TEXT/_{BILD}$	1.35	0.18	54

Bei $|t| \geq t_{\alpha;f}$ Zurückweisung von H_o

zweiseitige Fragestellung:

$t_{0.05;48} = 2.01$ $t_{0.05;42} = 2.01$

$t_{0.01;48} = 2.69$ $t_{0.05;54} = 2.00$

$t_{0.001;48} = 3.52$

(einseitige) Fragestellung:

$t_{0.05;48} = 1.68$

TABELLE 26: Kontraste (Kinder): Unterschiedsprüfung der unter verschiedenen Präsentationsbedingungen in der ersten bzw. in der zweiten Lernaufgabe erzielten Realisierungstest-Leistung nach dem t-Test (parametrisches Prüfverfahren)

Lern-aufgabe	Einzelvergleiche ausgewählter Versuchsgruppen - Kombinationen in bezug auf RT-Mittelwertsunterschiede (Scheffé-Test)	D $= \sum c_i \bar{x}_i$	$Diff_{crit}$ 99 %	95 %	90 %
LA I	Kinder (NB + NT) : Kinder (B/T + T/B)	- 5.3**	4.09	-	-
	Kinder (NB + NT) : Erwachsene (B/T + T/B + NB + NT)	- 15.0**	7.16	-	-
	Kinder (B/T + T/B) : Erwachsene (B/T + T/B + NB + NT)	- 4.4	-	-	4.80
LA II	Kinder (NB + NT) : Kinder (B/T : T/B)	- 5.2**	5.10	-	-
	Kinder (NB + NT) : Erwachsene (B/T + T/B + NB + NT)	- 16.2**	8.93	-	-
	Kinder (B/T + T/B) : Erwachsene (B/T + T/B + NB + NT)	- 6.8*	-	6.73	-

$$Diff_{crit} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{c_i^2}{n_i}\right) \cdot (p-1) \cdot (q-1) \cdot \hat{\sigma}^2_{Fehler} \cdot F((p-1)\cdot(q-1),\ N-p\cdot q;\ 100\%-\alpha\%)}$$

Bei $|D| > Diff_{crit}$ Zurückweisung von H_o

TABELLE 27: Ausgewählte Einzelvergleiche zur varianzanalytischen Prüfung von Unterschieden in der RT-Leistung (vgl. Tab. 23 und Tab. 24) nach dem generellen Ansatz des Scheffé-Tests für ungleich große Stichproben (B/T = Bild/Text; T/B = Text/Bild; NB = Nur Bild; NT = Nur Text)

Differenzierung der varianzanalytisch insgesamt belegten Überlegenheit erwachsener Vpn gegenüber Kindern ab: Kinder zeigen sich Erwachsenen in der sensomotorischen Lernleistung (RT) vor allem dann (hochsignifikant) unterlegen, wenn sie mit unimodalem Instruktionsmaterial versehen werden; unter bimodalen Präsentationsbedingungen dagegen gleichen sich Kinder im Leistungsniveau den Erwachsenen nahezu an (keine Unterschiede auf dem 10 %-Signifikanzniveau in LA I: knapp signifikantes Ergebnis in LA II).

Die in Tab. 28 und Tab. 29 aufgeführten Paarvergleiche nach dem entsprechend den Bedingungen 2-faktorieller Varianzanalysen und ungleicher Stichprobenumfänge erweiterten Scheffe-Test bestätigen in der Gesamttendenz, jeweils passend zu Tab. 23 und Tab. 24, die aus der Berechnung der Kontraste und der ausgewählten Einzelvergleiche gezogenen Schlußfolgerungen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Scheffe-Test vom Verfahren her grundsätzlich zu konservativeren Entscheidungen führt als z. B. a priori festgelegte, voneinander unabhängige Vergleiche. Den Tab. 28 und 29 läßt sich auch entnehmen, daß in der Gruppe der Kinder einerseits die unter verschiedenen bimodalen und andererseits die unter verschiedenen unimodalen Präsentationsbedingungen jeweils erzielten RT-Ergebnisse statistisch nicht voneinander abweichen. Weiter zeigen die Tabellen, daß innerhalb der Gruppe der Erwachsenen kein einziger Paarvergleich signifikant wird, diese Altersgruppe also ungeachtet aller treatmentbedingten Unterschiede eine insgesamt völlig homogene Lernleistung erbringt.

Angesichts der beträchtlichen empirischen Bandbreite der (hypothetisch leistungsbestimmenden) Kurzspeicherkapazität innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen und in Anbetracht einer zudem noch sowohl gegenstandsinhärenten wie auch testmethodisch bedingten hohen Streuung der der registrierten Lernleistung müssen die untersuchten Einflußvariablen "Lernalter" und "Präsentationsform" bei einer Varianzaufklärungsquote von insgesamt ca. 40 % in LA I bzw. ca. 20 % in LA II überdies als empirisch und (unterrichts-) praktisch sehr bedeutsam eingestuft werden. Die Varianzaufklärungsindizes sind im einzelnen Tab. 23 und Tab. 24 zu entnehmen. Auch in den für die Altersgruppe der Kinder gerechneten einfaktoriellen Varianzanalysen erklärt die Variable der Präsentationsbedingungen (d. h. in erster Linie die Kodierungskomplexität) immerhin 17.7 % (LA I) bzw. 12.3 % (LA II) der Gesamtvarianz.

Faßt man die im vorliegenden Kapitel 5.2. referierten Ergebnisse im Hinblick auf die in 3.2. formulierten Arbeitshypothesen zusammen, kommt man zu folgen-

LA I		ERWACHSENE				KINDER			
		B/T	T/B	NB	NT	B/T	T/B	NB	NT
ERWACHSENE	Bild/Text	---	- 0.5	- 0.2	- 0.9	1.0	- 2.0(*)	- 4.2**	- 4.1**
	Text/Bild		---	0.3	- 0.4	0.5	- 1.5	- 3.7**	- 3.6**
	Nur Bild			---	- 0.7	0.8	1.8	- 4.0**	- 3.9**
	Nur Text				---	0.1	1.1	3.3**	- 3.2**
KINDER	Bild/Text					---	- 1.0	- 3.2**	- 3.1**
	Text/Bild						---	- 2.2(*)	- 2.1
	Nur Bild							---	0.1
	Nur Text								---

$$Diff_{crit} = \sqrt{\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right) \cdot (p-1) \cdot (q-1) \cdot \hat{\sigma}^2_{Fehler} \cdot F((p-1)\cdot(q-1),\ N-p\cdot q;\ 100\%-\alpha\%)}$$

Signifikanzniveau
** ≙ 99%
* ≙ 95%
(*) ≙ 90%

TABELLE 28: Differenzentabelle für Paarvergleiche der RT-Mittelwerte zur ersten Lernaufgabe, Erwachsene & Kinder (vgl. Tab. 23) nach dem Scheffé-Test für ungleiche Stichprobengrößen (bei $|D| > Diff_{crit}$ Zurückweisung von H_o)

LA II		ERWACHSENE				KINDER			
		B/T	T/B	NB	NT	B/T	T/B	NB	NT
ERWACHSENE	Bild/Text	---	0.3	0.7	0.2	- 1.2	- 1.3	- 4.4**	- 3.3*
	Text/Bild		---	- 0.2	- 0.7	2.1	- 2.2	- 5.3**	- 4.2**
	Nur Bild			---	- 0.5	1.9	2.0	- 5.1**	- 4.0**
	Nur Text				---	1.4	1.5	4.6**	- 3.5*
KINDER	Bild/Text					---	- 0.1	- 3.2*	- 2.1
	Text/Bild						---	- 3.1*	- 2.0
	Nur Bild							---	1.1
	Nur Text								---

$$Diff_{crit} = \sqrt{\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}\right) \cdot (p-1) \cdot (q-1) \cdot \hat{\sigma}^2_{Fehler} \cdot F((p-1)\cdot(q-1),\ N-p\cdot q;\ 100\%-\alpha\%)}$$

Signifikanzniveau
** ≙ 99%
* ≙ 95%
(*) ≙ 90%

TABELLE 29: Differenzentabelle für Paarvergleiche der RT-Mittelwerte zur zweiten Lernaufgabe, Erwachsene & Kinder (vgl. Tab. 24) nach dem Scheffé-Test für ungleiche Stichprobengrößen (bei $|D| > Diff_{crit}$ Zurückweisung von H_0)

der Einschätzung: Die in bezug auf zu erwartende Modalitätseffekte aufgestellten Hypothesen zur Lernrelevanz der Kodierungskomplexität (I) und der Kodierungsmodalität (K), sowie zur Wechselbeziehung von Kodierungskomplexität und Lernalter (L) können allesamt durchaus als bestätigt angesehen werden.

Eine Einschränkung ergibt sich lediglich in bezug auf die Hypothese I insofern, als der postulierte Unterschied in der Lernwirksamkeit von bimodalen gegenüber unimodalen Präsentationsformen bei Erwachsenen nicht etwa nur geringer ausfällt, als der bei Kindern so eindrucksvoll dokumentierte Effekt, sondern als in dieser Altersgruppe überhaupt keine treatmentbedingte Differenzierung der Lernleistung zu verzeichnen ist. Es muß hier zunächst offenbleiben, ob dieses Phänomen aufgrund der hohen Informationsverarbeitungskapazität der Erwachsenen möglicherweise ein testmethodisches Artefakt oder einfach einen Deckeneffekt kennzeichnet (vgl. hierzu 5.6.), oder ob vielmehr die wiederholt mit der semantischen Diskrepanzhypothese in Verbindung gebrachten Unterschiede in der Lern- und Behaltensleistung bei Erwachsenen auf andere (eher abruforientiert an der modalitätsspezifischen Behaltensstabilität festgemacht) Mechanismen der Informationsverarbeitung und -aktualisierung zurückzuführen sind als bei Kindern (eher aufnahmeorientiert an der modalitätsspezifisch eingeschränkten Bedeutungszuweisung festgemacht). Dieser im zweiten Teil der Hypothese I bereits formulierte Gedanke wird z. Z. einer experimentellen Bearbeitung zugeführt, deren Durchführung jedoch nicht mehr im Rahmen der hier vorgelegten Untersuchung beschrieben werden soll (vgl. diesbezüglich BLISCHKE/SOMMER i. V.).

Das empirische Erscheinungsbild der in den Hypothesen I und N vorausgesagten Alterseffekte läßt also insgesamt nicht mehr ausschließlich an graduelle Ausprägungsunterschiede in der Funktionstüchtigkeit jeweils identischer Mechanismen der Informationsverarbeitung denken, sondern rückt vielmehr die Möglichkeit prinzipieller Unterschiede beider Altersgruppen in der (visuellen) Informationsverarbeitung ins Blickfeld. Bis auf weiteres muß daher für sensomotorische Lernaufgaben die Geltung der semantischen Diskrepanzhypothese in ihrer generellen, auf nominale Unterschiede von Bildern und korrespondierenden Texten bezogenen Form (vgl. 2.2.2.) auf Kinder der untersuchten Altersgruppe eingeschränkt werden.

Die unter dem Gesichtspunkt zu erwartender Plazierungseffekte in bezug auf

bimodale Präsentationsformen formulierte Hypothese eines Einflusses der Anordnungsstruktur von Bild und Text auf die sensomotorische Lernleistung (M) findet dagegen keinerlei Bestätigung: Obgleich sich bei Erwachsenen und Kindern in Abhängigkeit von der Anordnungsstruktur im statistischen Mittel unterschiedliche Betrachtungsabfolgen für die Bild- und Textkomponente der Lehrinformation haben nachweisen lassen (siehe Hypothese D; vgl. hierzu 5.1.), zeigen sich keinerlei diesbezügliche Lernleistungsunterschiede. Dieses Ergebnis läßt sich auch nicht auf einen Einfluß unterschiedlicher Betrachtungskomplexität zurückführen, da - zumindest in der Gruppe der Kinder - der Anteil an Vpn mit nur unimodaler Betrachtungsstrategie unter beiden alternativen Anordnungsstrukturbedingungen gleich hoch ausgefallen ist (vgl. 5.1.).

Die aufgrund der in 2.2.3. referierten Befunde postulierte Bedeutung einer an die Reihenfolge der (visuellen) Informationsaufnahme geknüpften funktionalen Diskrepanz von Bildern und korrespondierenden Texten (Spezifikation der allgemeinen semantischen Diskrepanzhypothese) kann also für den Geltungsbereich visuomotorischen Lernens an dieser Stelle nicht bestätigt werden. Zumindest reicht der durch die unterschiedliche Plazierung unter Ausnutzung habitueller Blickverhaltensstrategien induzierte Anteil an Vpn mit der jeweiligen anordnungsstrukturspezifischen Betrachtungsabfolge nicht aus, um denkbare Lernleistungsunterschiede im Vergleich der gesamten Treatmentgruppen untereinander virulent werden zu lassen. Eine anordnungsstrukturübergreifende vergleichende Analyse der Vpn mit alternativer Betrachtungsabfolge von Bild und Text in bezug auf ihre (sensomotorische) Lernleistung in Kapitel 5.3. soll hierzu näheren Aufschluß erbringen und u. a. klären, ob die Betrachtungsabfolge tatsächlich ohne Bedeutung für die (sensomotorische)Lernleistung ist, oder ob etwa auf Seiten der Kinder ein durch die (vertikale) Anordnungsstruktur induzierter Reihenfolgeeffekt durch die allgemeine Bildpräferenz in dieser Altersgruppe überlagert wirkt (vgl. Hypothese M). Zugleich wird in 5.3. auf korrelationsstatistischem Wege zu klären sein, ob sich neben bzw. statt der Betrachtungsabfolge möglicherweise das Ausmaß modalitätsbezogener visueller Zuwendung als lernrelevante Größe erweist, die auf Seiten der Kinder offensichtlich "quer" zur Anordnungsstruktur zu variieren scheint (vgl. Hypothese E und H sowie die diesbezüglichen Ergebnisdarstellungen in 5.1.).

Was schließlich die erwarteten Prozeßeffekte anbetrifft, so zeigt sich die Hypothese N bezüglich einer relational unveränderten Lernwirksamkeit unterschiedlicher Kodierungskomplexitäten im Verlauf des schrittstrukturierten Lernpro-

zesses als bestätigt. Dies gilt uneingeschränkt für die Gruppe der Kinder; für die Erwachsenen allerdings sind auch hier, wie schon bei der Hypothese I, angesichts des Ausbleibens jedweder treatmentbedingter Lernwirksamkeitseffekte, solche Einschätzungen nur vorbehaltlich der oben ins Auge gefaßten, weitergehenden experimentellen Analyse zu formulieren. Ebenso wird die Frage, ob das statistische Bedeutsamwerden der Lernleistungsunterschiede zwischen Erwachsenen und den unter bimodalen Präsentationsbedingungen zusammengefaßten Kindern in LA II möglicherweise auf den bei Kindern mit der zweiten Lernaufgabe zu verzeichnenden signifikanten Anstieg von Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie zurückgeführt werden kann, erst anhand einer genaueren Analyse der Beziehung von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung zu entscheiden sein (vgl. 5.3.). Immerhin wäre denkbar, daß sich, wie in Hypothese N (2. Teil) antizipiert, die Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie in ihrer Lernleistung von denjenigen mit bimodaler Betrachtungsstrategie negativ abheben und im Leistungsniveau eher den von vornherein mit unimodalen Präsentationsbedingungen versehenen Vpn vergleichbar sind.

Mit dem Ausbleiben jedweder Plazierungseffekte in bezug auf die sensomotorische Lernleistung findet die zweite auf Prozeßeffekte abzielende Hypothese O (ebenso wie schon Hypothese M) keinerlei Bestätigung, obgleich die Blickverhaltensanalyse die O zugrunde liegende Hypothese G (prozeßabhängige Konsolidierung der von oben nach unten verlaufenden Betrachtungsabfolge) gerade bei Kindern tendenziell bestätigt (vgl. 5.1.).

Die Einschätzung der zum Einfluß unterschiedlicher Präsentationsbedingungen auf das visuomotorische Lernen formulierten Hypothesen hat sich bis hierher ausschließlich an den Ergebnissen zur Bewegungsrealisierung (RT) orientiert. Dies erscheint vor dem Hintergrund der 4.4.2. und 4.4.6. diskutierten Frage der Validität und Reliabilität von BKAT und RT auch durchaus angemessen. Dennoch bedarf das Verhältnis von BKAT- und RT-Ergebnissen an dieser Stelle eines Kommentars, da die BKAT-Ergebnisse zwar den generellen Alterseffekt über alle Präsentationsbedingungen hinweg widerspiegeln, nicht aber den bei Kindern anhand der RT-Ergebnisse dokumentierten differentiellen Einfluß der Kodierungkomplexität.

Ein Vergleich der Gruppenmittelwerte (vgl. Tab. 19 und Tab. 20) erweckt in der Tat den Eindruck, daß für die Altersgruppe der Kinder in beiden Lernaufgaben

die BKAT-Ergebnisse unter unimodalen Präsentationsbedingungen, gemessen an den Relationen der jeweils entsprechenden RT-Mittelwerte, um 1 bis 4 Rohpunkte zu hoch ausfallen, die BKAT-Ergebnisse unter bimodalen Präsentationsbedingungen in LA I im Vergleich mit den relationalen Werten der Erwachsenen dagegen eher zu niedrig. Die für die Gesamtstichproben (alle Treatmentstufen jeweils altersspezifisch zusammengefaßt) errechneten Korrelationskoeffizienten von BKAT- und RT-Daten liegen mit r = .538 (LA I) bzw. r = .668 (LA II) für Erwachsene (N = 124) und mit r = .535 (LA I) bzw. r = .499 (LA II) für Kinder (N = 100) zwar durchaus im Bereich der an der Eichstichprobe ermittelten Werte (vgl. 4.2.2.). Faßt man jedoch nur die Versuchsgruppen zusammen, die mit Instruktionsmaterial von jeweils gleicher Kodierungskomplexität versehen wurden, so ergeben sich (nach entsprechender Umrechnung in die Fischer-z-Werte) signifikante Unterschiede zwischen den mit bimodalem und den mit unimodalem Präsentationsmaterial versehenen Teilstichproben jeder Altersgruppe in LA I sowie bei Kindern auch in LA II; die bei Erwachsenen in LA II für die einzelnen Treatmentstufen sowie für die kodierungskomplexitätsspezifischen Teilstichproben ermittelten Korrelationskoeffizienten dagegen weichen nicht mehr überzufällig voneinander ab. Auf der anderen Seite unterscheiden sich die beiden pro Altersgruppe und Lernaufgabe jeweils zu Teilstichproben von gleicher Kodierungskomplexität zusammengefaßten einzelnen Versuchsgruppen trotz unterschiedlicher Kodierungsmodalität (unimodal) bzw. verschiedener Anordnungsstrukturen (bimodal) statistisch in keinem der insgesamt acht Fälle hinsichtlich ihrer BKAT-RT-Beziehungsstärke voneinander. Die unter den einzelnen Treatmentbedingungen zustande gekommenen BKAT-RT-Korrelationen sind für Kinder und Erwachsene in Tab. 30 niedergelegt.

D.h. aber, daß sich für Kinder der untersuchten Altersgruppe bei den vorliegenden Testfassungen nur im Rahmen einer vergleichbaren Kodierungskomplexität (also entweder bur bimodal oder nur unimodal) die korrelative Beziehung von BKAT- und RT-Ergebnissen auch unter der Voraussetzung verschiedener Stichproben und unterschiedlicher Visualisationsformen homogen gestaltet. Ist aber ein Vergleich der Korrelationskoeffizienten über alle Treatmentstufen (Präsentationsbedingungen) hinweg bei Kindern nicht möglich (bei Erwachsenen scheint diese Vergleichbarkeit zumindest für die zweite Lernaufgabe gegeben zu sein), so lassen sich auch die einzelnen

Präsentations-form	ERWACHSENE			KINDER		
	LA I	LA II	N	LA I	LA II	N
Bild/Text	.612**	.716**	32	.341	.512**	28
Text/Bild	.759**	.838**	32	.473*	.755**	28
Nur Bild	.498**	.589**	29	.727**	.364	22
Nur Text	.364*	.665**	31	.670**	.259	22
bimodal (zus.gefaßt)	.688**	.763**	64	.430**	.650**	56
unimodal (zus.gefaßt)	.423**	.615**	60	.665**	.272*	44

TABELLE 30: Korrelationen von BKAT- und RT-Leistung; Erwachsene und Kinder

treatmentstufenspezifischen BKAT-Ergebnissen in dieser Altersgruppe nicht ohne weiteres aufeinander beziehen, da ihre Relation zu dem als fix betrachteten Außenkriterium (den RT-Ergebnissen) offensichtlich nicht nur vom individuellen Lernvermögen der Probanden, sondern in systematischer Weise auch von den Lern- bzw. Interpretationsmöglichkeiten abzuhängen scheint, die das Präsentationsmaterial jweils aufgrund seiner spezifischen Kodierungskomplexität eröffnet.

Dieser Sachverhalt verweist einmal mehr auf grundlegende Umstrukturierungsvorgänge im Zuge der mit dem Lernalter korrespondierenden kognitiven Entwicklung, die für einen technologischen Zugriff zum visuomotorischen Lernen von großer Bedeutung sein dürften, denen jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht mehr weiter nachgegangen werden kann. Für weitere Untersuchungen ist in jedem Fall eine Anpassung des Lerntest-Instrumentariums für die in Rede stehenden Altersgruppen vorzunehmen, so daß auch unter verschiedenen Treatmentbedingungen noch von einer homogenen Relation der Korrelate von kognitiver Repräsentanz und konkreter Bewegungsrealisation ausgegangen werden kann. In einem weiteren Arbeitsschritt wäre dieses dann auch altersgruppenübergreifend anzustreben, denn in der vorliegenden Untersuchung unterscheiden sich auch Erwachsene und Kinder in beiden Lernaufgaben signifikant hinsichtlich der Stärke der Korrelationen von BKAT- und RT-Ergebnissen, wenn man die jeweils zu Gruppen gleicher Kodierungskomplexität zusammengefaßten Treatmentstufen vergleicht.

In der vorliegenden Form können daher die BKAT-Ergebnisse bei Kindern nur in begrenztem Maße zum Vergleich unterschiedlicher Treatment-Einflüsse herangezogen werden. In der vorliegenden Arbeit können lediglich entweder die unter nur bimodalen oder die unter nur unimodalen Präsentationsbedingungen untersuchten Gruppen zusammengefaßt werden (vgl. hierzu 5.3.). Diese Einschränkung gilt nicht für Erwachsene (homogene Korrelationskoeffizienten in LA II!). Dies ist jedoch im konkret vorliegenden Fall wenig hilfreich, da die erwachsenen Vpn ohnehin keine treatmentbedingten Lernleistungsunterschiede zeigen. Lediglich für die RT-Ergebnisse greifen alle diese Vorbehalte nicht.

Zur Prüfung der Differenz zwischen Korrelationskoeffizienten über die Fisher-z-Transformation vgl. CLAUSS/EBNER (1971, S. 249 f).

5.3. Zur Beziehung von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung

Geht man von der simultanen Darbietung pragmatisch gleichwertiger Bild- und Textinformation aus (Präsentationsbedingungen "Bild oben - Text unten" und "Text oben - Bild unten"), so stellt sich die Frage nach einer systematischen Beziehung von Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung (hier: normierte Bewertung der Bewegungsausführung, RT) entsprechend den Ausführungen von 2.2.3., 2.3.3., und 2.3.4. unter zwei Gesichtspunkten: Einerseits ist eine ex-post-Gruppierung der Probanden jeder Altersstufe nach klar unterscheidbaren Grundtypen visueller Zuwendung zu Bild und Text (qualitative Merkmale des Blickverhaltens) in Betracht zu ziehen. Andererseits besteht die Erwartung, graduelle, also in ihrer Ausprägung meßbare Unterschiede im Blickverhalten der Probanden (quantitative Merkmale) könnten der Variabilität in der Lernleistung in mehr oder weniger linearer Weise entsprechen (vgl. hierzu exemplarisch BERNHARD 1978,S.128ff,S.134f). Im ersten Fall stellt der Rechenansatz wiederum ab auf die Signifikanzprüfung von Unterschieden in der zentralen Tendenz von Lernleistung und ggf. weiteren Variablen; im zweiten Fall ist er korrelationsstatistischer Art.

Im folgenden werden von Fall zu Fall auch die BKAT-Daten wiederum in die Ergebnisdarstellung einbezogen, da die Blickverhaltensanalyse sich in beiden Altersgruppen jeweils auf die bimodalen Präsentationsbedingungen beschränkt, innerhalb derer in etwa homogene Beziehungen von BKAT- und RT-Daten in ausreichender Stärke vorliegen (vgl. 5.2.). Dies gilt zumindest für den Vergleich von Versuchspersonen-Gruppen mit bimodaler Betrachtungsstrategie; bei Differenzierungen nach bimodaler bzw. unimodaler Betrachtungsstrategie erscheinen allerdings nach wie vor Einschränkungen gegenüber einer zu weit gehenden Interpretation der BKAT-Daten angebracht. Die entscheidende Kriterienebene bleibt also auch hier die RT-Leistung.

Weiterhin wurden in jeder Altersgruppe durchweg die mit alternativen bimodalen Präsentationsformen versehenen Vpn zusammengefaßt, sofern sie gleichartige Blickmuster zeigen, und soweit es um den generellen korrelationsstatistischen Zugriff geht. Dies erscheint vertretbar insofern, als unter den infragestehenden Treatment-Bedingungen jeweils altersgruppenspezifisch keinerlei Lernleistungsunterschiede nachgewiesen werden konnten

(5.2.) und die betreffenden Versuchsgruppen hinsichtlich der erhobenen personspezifischen Daten als vergleichbar angesehen werden können (vgl. 5.5.1.). Auch bzgl. ihres jeweiligen Anteils an Vpn mit bimodaler bzw. mit unimodaler Betrachtungsstrategie sind die Versuchsgruppen unter alternativen Anordnungsstrukturen (jeweils altersspezifisch gesehen) gleich; etwaige mit unimodaler Betrachtungsstrategie einhergehende Lernleistungseinbußen (vgl. 5.1. und 5.3.1.) schlagen also für jede der alternativen Anordnungsstrukturen in gleicher Weise und Größenordnung zu Buche.

5.3.1. Qualitative Merkmale des Blickverhaltens und sensomotorische Lernleistung

Unter bimodalen Präsentationsbedingungen können die Vpn in jeder Altersgruppe hinsichtlich des Erstkontakts und hinsichtlich der Betrachtungsabfolge von Bild und Text vorwiegend, wenn auch nicht ausschließlich, zwei klar unterschiedenen, alternativen Strategien zugeordnet werden (5.1.). Treatmentgruppenspezifische Unterschiede in der Auftrittshäufigkeit dieser Reihenfolgeeffekte sind ohne erkennbaren Einfluß auf die mittlere Lernleistung der Versuchsgruppen geblieben (5.2.). Es ist jedoch denkbar, daß "wahre" Lernleistungsdifferenzen aufgrund unterschiedlicher Betrachtungsabfolgen im Rahmen der oben vorgenommenen Datenaufbereitung nicht zum Tragen kommen konnten, da sie vor dem Hintergrund starker interindividueller Variabilität und dem Einfluß eines großen Kontingents unimodaler Betrachter nicht ins Gewicht fallen.

Zur Überprüfung dieser Frage wurden deshalb in jeder Altersstufe die Vpn beider bimodaler Anordnungsstrukturgruppen zunächst einmal zusammengefaßt und dann entsprechend ihrer spezifischen Blickmuster neu differenziert. Speziell bei der Neueinteilung der Probanden unter dem Aspekt der Betrachtungsabfolge blieben dabei Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie unberücksichtigt. Die Daten dieser Untergruppe gingen damit nicht mehr in die Berechnungen zur Hypothesenüberprüfung ein. So wurde ein wesentlicher Faktor eleminiert, der denkbare Reihenfolgeeffekte hätten nivellieren können. Insgesamt führte die Zusammenfassung der Probanden beider bimodaler Treatmentstufen in jeder der beiden Altersgruppen darüber hinaus wiederum zu Gruppengrößen, die für das in dieser Arbeit angesprochene praktische Ver-

wertungsfeld hinreichend klare Aussagen zur Beziehung von Strukturen visueller Informationsaufnahme und sensomotorischer Lernleistung erwarten lassen.

Die Ergebnisse zu Erstkontakt (Tab. 31 und Tab. 32) und Betrachtungsabfolge (Tab. 33 und Tab. 34) lassen in jeder der beiden Altersgruppen eher geringfügige Lernleistungsunterschiede in Abhängigkeit von der zuerst betrachteten Informationsmodalität erkennen [)]. In der Tat lassen sich keinerlei statistisch-relevante Beziehungen zwischen derartigen Reihenfolgeneffekten visueller Zuwendung und der sensomotorischen Lernleistung aufweisen. Geprüft wurden die Unterschiede in der zentralen Tendenz zwischen den relevanten Teilgruppen einer jeden Altersstufe in jeder Lernaufgabe (also z.B.: "Erstbetrachtung Text, Kinder, LA I" versus "Erstbetrachtung Bild, Kinder, LA I"). Dabei wurden sowohl parametrische (t-Test) als auch parameterfreie Prüfverfahren (U-Test) zur Anwendung gebracht.

Als Nebeneffekt der Betrachtungsabfolge zeigt sich ein unterschiedliches Ausmaß visueller Zuwendung zur Bild- bzw. zur Textkomponente: Wird zuerst die Textkomponente eingehender betrachtet (mindestens 1 sec Betrachtungszeit), entfallen bei Erwachsenen durchschnittlich 39 % (LA I) bzw. 13 % (LA II) Fixationszeit mehr auf den Text, als wenn zunächst die Bildkomponente betrachtet wird. Diese Differenz ist hochsignifikant (LA I) bzw. signifikant (LA II). Bei Kindern beträgt sie in beiden Lernaufgaben immerhin noch 11 %. Die Lernleistungsunterschiede zwischen den Teilstichproben gegensätzlicher Betrachtungsabfolge dagegen sind in beiden Altersgruppen nur geringfügig und in keinem Falle signifikant, jedoch fallen sie in der Tendenz zugunsten der Gruppen mit durchschnittlich stärkerer Textzuwendung (Erstbetrachtung Text) aus. Ein an das modalitätsspezifische Ausmaß visueller Zuwendung geknüpfter Lerneffekt (vgl. Hypothese Q) ist mit diesem Ergebnis allerdings noch nicht endgültig wiederlegt: Zum Einen scheint

---

[)] Das geringfügige, aber konsistent schlechtere Abschneiden der Vpn mit Erstkontakt auf dem Bildteil des Instruktionsmaterials dürfte damit zu erklären sein, daß die Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie in dieser Aufstellung noch enthalten sind; unimodale Betrachter sind aber fast ausschließlich Bildbetrachter und zeitigen im Schnitt schlechtere Lernleistungen als die übrigen Vpn (s. unten).

Lern-aufgabe	Erst-kontakt (mind. 0.5 sec)	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N	N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
LA I	Text	18.1	2.6	15.0	1.9	23	64
	Bild	17.8	2.8	14.6	2.0	41	
LA II	Text	17.4	3.6	17.9	2.8	29	64
	Bild	16.7	3.3	16.8	3.8	35	

TABELLE 31: Lernleistung **Erwachsene** in Abhängigkeit vom Erstkontakt (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt)

Lern-aufgabe	Erst-kontakt (mind. 0.5 sec)	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N	N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
LA I	Text	16.8	2.5	14.4	1.9	14	56
	Bild	16.2	2.9	13.3	2.9	42	
LA II	Text	16.7	3.3	16.5	3.7	22	56
	Bild	16.3	4.1	14.9	3.6	34	

TABELLE 32: Lernleistung **Kinder** in Abhängigkeit vom Erstkontakt (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt)

Lern-aufgabe	Erst-betrachtung (mind. 1 sec)	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N	N_{Gesamt}* (nur mit bimodaler Betracht. strategie)
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
LA I	Text	17.7	2.8	14.5	2.2	31	58
	Bild	17.6	2.7	14.9	1.9	27	
LA II	Text	17.5	3.6	18.2	2.7	26	53
	Bild	17.1	3.6	17.0	4.3	27	

TABELLE 33: Lernleistung **Erwachsene** in Abhängigkeit von der Erstbetrachtung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt)

Lern-aufgabe	Erst-betrachtung (mind. 1 sec)	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N	N_{Gesamt}* (nur mit bimodaler Betracht. strategie)
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
LA I	Text	16.8	2.8	13.9	2.8	21	49
	Bild	16.2	3.1	13.9	2.5	28	
LA II	Text	17.0	3.2	16.2	3.5	23	40
	Bild	16.6	3.1	15.7	4.0	17	

TABELLE 34: Lernleistung **Kinder** in Abhängigkeit von der Erstbetrachtung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt)

die modalitätspezifische Aufmerksamkeitszuwendung bei Erwachsenen ohnehin von geringerer Bedeutung als erwartet (vgl. 5.2.), und bei Kindern sind die Differenzen der der Betrachtungsabfolge korrespondierenden durchschnittlichen Fixationszeit auf den Textteil relativ klein. Zum Anderen ist die interindividuelle Variabilität bzgl. des modalitätsspezifischen Ausmasses visueller Zuwendung sehr beträchtlich, sodaß letztlich nur eine korrelationsstatistische Analyse hier Klärung bringen kann (vgl. 5.3.2.).

Im Gegensatz zu Reihenfolgeeffekten visueller Zuwendung sind mit der Betrachtungskomplexität durchaus Unterschiede in der sensomotorischen Lernleistung verbunden. Es erscheint also keineswegs gleichgültig, ob die Lehrinformation bei gleicher Betrachtungszeit nur über eine einzige oder über zwei verschiedene Kodierungmodalitäten aufgenommen wird.

Wie die diesbezüglichen Ergebnisse zeigen, erweisen sich bei Kindern (Tab. 36) auch unter bimodalen Präsentationsbedingungen Vpn mit bimodaler gegenüber Vpn mit lediglich unimodaler Betrachtungsweise (d.h. "Nur-Bild") im Realisierungstest als signifikant überlegen. Geprüft wurden Unterschiede in der zentralen Tendenz; entsprechend der für Kinder bereits varianzanalytisch gesicherten Abhängigkeit der Realisierungstest-Leistung von der Kodierungskomplexität (vgl. 5.2.; Hypothesen I und 0) wurde teilweise auf einen Rechenansatz mit einseitiger Fragestellung zurückgegriffen. Vpn beider Varianten mit vertikaler Anordnungsstruktur wurden zusammengefaßt. Nach dem non-parametrischen Prüfverfahren (U-Test) ergeben sich bei Kindern normierte U-Werte von $u_{LA\ I} = |2.22|$ und $u_{LA\ II} = |1.80|$ bei kritischen Werten von $u_{\alpha=0.05} = 1.96$ (zweiseitig) bzw. $u_{\alpha=0.05} = 1.64$ (einseitig). Als parametrisches Prüfverfahren führt der t-Test zu einem identischen Ergebnis.

Es wäre nun allerdings voreilig, dieses Ergebnis mit dem in 5.2. beschriebenen Effekt der Kodierungskomplexität (Bestätigung der Hypothese I für Kinder) gleichzusetzen und die Lernleistungsdifferenzen unmittelbar oder ausschließlich den qualitativen Unterschieden in der Struktur der visuellen Informationsaufnahme zuzuschreiben. Anders als im Falle der mit dem Präsentationsmaterial vorgegebenen Kodierungskomplexität (bimodal oder unimodal) können unter bimodalen Präsentationsbedingungen die Probanden ihre jeweilige Betrachtungsstrategie (wiederum bimodal oder unimodal) zwar frei wählen, aber diese Wahl erfolgt zumindest bei Kindern augenscheinlich keineswegs

Lern-aufgabe	Betrachtungs-komplexität	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST $\bar{x}$	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST s	REALISIERUNGS-TEST $\bar{x}$	REALISIERUNGS-TEST s	N	N_{Gesamt}
LA I	bimodal	17.7 **	2.8	14.7 (*)	2.1	58	64
	unimodal	20.6	0.7	15.8	0.9	6	
LA II	bimodal	17.0 _	3.6	17.6 (*)	3.6	53	64
	unimodal	16.6	2.7	15.5	3.2	11	

TABELLE 35: Lernleistung **Erwachsene** in Abhängigkeit von der Betrachtungskomplexität (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) (signifikante Unterschiede in der zentralen Tendenz bei zweiseitiger -*- bzw. einseitiger -(*)- Fragestellung)

Lern-aufgabe	Betrachtungs-komplexität	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST $\bar{x}$	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST s	REALISIERUNGS-TEST $\bar{x}$	REALISIERUNGS-TEST s	N	N_{Gesamt}
LA I	bimodal	16.5 _	3.0	13.9 *	2.6	49	56
	unimodal	15.5	3.1	11.2	2.5	7	
LA II	bimodal	16.8 *	3.2	16.0 (*)	3.8	40	55
	unimodal	14.8	3.3	14.0	2.8	15	

TABELLE 36: Lernleistung **Kinder** in Abhängigkeit von der Betrachtungskomplexität (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt) (signifikante Unterschiede in der zentralen Tendenz bei zweiseitiger -*- bzw. einseitiger -(*)- Fragestellung)

zufällig: Wie eine genauere Analyse zeigt, differieren hier die nach Betrachtungsstrategie und Lernleistung unterschiedlichen Probandengruppen auch signifikant bis hochsignifikant im Alter und in der über Buchstabenlesen (!) erhobenen Zuflußgeschwindigkeit C_K zum Kurzspeicher. Nur-Bild-Betrachter sind mit 10,8 Jahren im Durchschnitt ca. 1 Jahr jünger als bimodale Betrachter mit 12 Jahren (U-Test, einseitige Fragestellung, $u_{\alpha=0.05}=1.64$; $u_{LA\ I} = |1.92|$; $u_{LA\ II} = |1.641|$). Ihre Zuflußgeschwindigkeit C_K ist zudem mit 13.3 bit/sec. (LA I) bzw. mit 15 bit/sec (LA II) deutlich niedriger als die der bimodalen Betrachter mit jeweils ca. 16.8 bit/sec (U-Test, zweiseitige Fragestellung, $u_{\alpha=0.05} = 1.96$, $u_{\alpha=0.01}=2.58$; $u_{LA\ I} = |2.86|$; $u_{LA\ II} = |2.24|$).

Auf diesen Sachverhalt wird in 5.4. noch einzugehen sein. Er bestätigt - in einem unerhört engen Altersspektrum - die in Hypothese B angedeutete Entwicklungsabhängigkeit der Etablierung komplexer Betrachtungsstrategien und läßt einmal mehr vermuten, daß die vielberufene Bildpräferenz gerade jüngerer Kinder und deren zunehmende Ablösung durch eine sprachlich-begriffliche Bedeutungskodierung relativ unmittelbar mit der sozialisationsbedingten Entwicklung der Schreib- und Lesefähigkeit korrespondiert (vgl. auch den in 5.1. berichteten generellen Alterseffekt bzgl. der Betrachtungskomplexität).

Man kann nun allerdings anhand der vorliegenden Daten nicht entscheiden, ob die unimodalen Betrachter in der Gruppe der Kinder eine bessere Lernleistung erbracht hätten, wären sie mit Erfolg zu einer bimodalen Betrachtungsstrategie veranlaßt worden. Möglicherweise ist für diese Kinder (d.h. unterhalb eines bestimmten C_K-Wertes bzw. einer bestimmten Lesefähigkeits-Schwelle) eine bildliche Darstellungsweise tatsächlich die geeignetere Kodierungsform; dies wäre allerdings wert, noch eingehender überprüft zu werden. Auf der anderen Seite ist es aber mit Blick auf die in 5.2. referierten Ergebnisse wohl unstreitig, daß Kinder der entsprechenden Altersgruppe bei ausreichend entwickelter Lesefähigkeit und einem entsprechenden C_K-Wert durch lediglich unimodale (üblicherweise vorwiegend bildliche) Instruktionsformen eher in ihrem Lernprozeß behindert werden.

Es bleibt anzumerken, daß sich Kinder mit bimodaler bzw. mit unimodaler Betrachtungsstrategie bzgl. aller übrigen Blickverhaltensmerkmale wie auch

zgl. der Gegenwartsdauer nicht überzufällig unterscheiden. Des weiteren eisen die Untergruppen bimodaler Betrachter mit alternativer Betrachtungsbfolge bzgl. aller erhobenen Merkmale keinerlei signifikante Differenzen uf; allerdings erzielen die Text-Bild-Betrachter durchgängig geringfügig öhere Durchschnittswerte.

ei Erwachsenen sind die Ergebnisse zum Zusammenhang von Betrachtungskomlexität und sensomotorischer Lernleistung (vgl. Tab. 35) nicht mehr so indeutig und auch nicht so einheitlich zu interpretieren wie bei Kindern. ies fügt sich im übrigen gut in den bislang verfolgten Argumentationsgang. rwachsene unimodale Betrachter erzielen in der ersten Lernaufgabe bessere, n der zweiten schlechtere Lernleistungen als Erwachsene mit bimodaler etrachtungsstrategie. Für die erste Lernaufgabe wird dieses Ergebnis ediglich nach dem t-Test signifikant, für die zweite Lernaufgabe auch ach dem non-parametrischen U-Test mit $u_{LA\ II} = |1.94|$ bei $u_{\alpha=0.05} = 1.64$ einseitige Fragestellung). Für die erste Lernaufgabe muß eine Verbesserung es RT-Mittelwerts der sehr kleinen Teilstichprobe von Vpn mit unimodaler etrachtungsstrategie durch einen "Ausreißer" in Rechnung gestellt werden. ieser Artefakt wird durch das non-parametrische Verfahren kompensiert. ediglich für die zweite Lernaufgabe erscheinen die statistisch relevanten T-Mittelwertsunterschiede beider Teilstichproben in einem vernünftigen ahmen interpretationsfähig, doch läßt sich ein ähnlich klares Erklärungsuster wie für die Altersgruppe 9 - 14jährigen hier nicht finden: Büßt bei rwachsenen, im Gegensatz zu Kindern, eine unimodale Informationsaufnahme egenüber einer bimodalen Betrachtungsstrategie erst dann an Leistungsfähigeit ein, wenn größere Informationsmengen mit zu erinnernden Wissensbeständen zu integrieren sind? Wohl kaum, denn entsprechend differenzierte Präentationsformen zeitigen bei Erwachsenen, anders als bei Kindern, insgeamt keinerlei Lernleistungsunterschiede (vgl. 5.2.). Aber auch ein Rückchluß auf eine begrenzte Informationsverarbeitungskapazität und entsprehende Schwierigkeiten bei der Verarbeitung textkodierter Instruktionen äßt sich bei Erwachsenen, anders als bei Kindern, nicht vornehmen: Ganz m Gegenteil zeichnen sich die erwachsenen Probanden mit unimodaler Berachtungsstrategie nämlich in beiden Lernaufgaben durch eine deutlich öhere Kurzspeicherkapazität (30 %, LA I; 9 %, LA II) und eine geringügig höhere Zuflußgeschwindigkeit aus als ihre Altersgenossen mit bimoaler Betrachtungsstrategie (14 %, LA I; 6 %, LA II). Dieser Unterschied

ist für die erste Lernaufgabe (hoch-)signifikant, wird für die zweite Lernaufgabe jedoch nicht mehr statistisch relevant (hohe interindividuelle Variabilität!).

Lassen sich also bei Kindern unimodale Betrachtungsstrategie, eingeschränkte Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzzeitspeicher, geringeres Lebensalter und eine niedrigere sensomotorische Lernleistung durchaus in einen Zusammenhang bringen und möglicherweise auf ein gemeinsames Verursachungsprinzip zurückführen, so scheint der bei Erwachsenen ebenfalls zu konstatierende Zusammenhang von Kurzspeicherkapazität und Betrachtungskomplexität eher andere Ursachen zu haben und auch nicht mit einem klar zu benennenden Effekt hinsichtlich der Lernleistung verbunden zu sein.

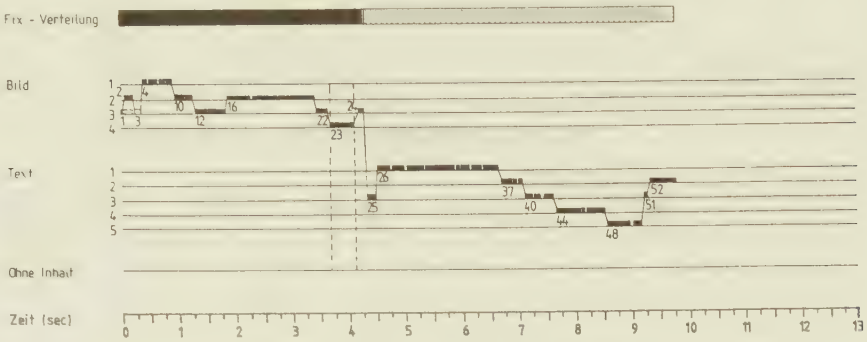
Auch bei Erwachsenen unterscheiden sich die Teilgruppen mit bimodaler Betrachtungsstrategie, aber gegenläufiger Betrachtungsabfolge nur bzgl. der auf die Textkomponente entfallenden Fixationszeit und schwacher, jedoch nicht-signifikanter RT-Vorteile der Text-Bild-Betrachter in LA II (s. dazu oben), sonst jedoch in keinem Punkt.

Als letzte qualitative Merkmalsklasse des Blickverhaltens wurden Blickwechselstrategien auf mögliche Beziehungen zur sensomotorischen Lernleistung untersucht.

Ein bis zwei Blickwechsel von einer Informationsmodalität zum anderen (bei gleichem pragmatischen Gehalt!) sind innerhalb der vorgegebenen Präsentationsdauer von ca. 9.5 sec. bei 40 bis 70 % aller Vpn (bimodale und unimodale) zu verzeichnen. Durchschnittlich knapp 30 % der Erwachsenen, jedoch nur etwa halb so viele Kinder (ca. 17 %) wechseln dreimal oder öfter (vgl. hierzu Abb. 28). (Dagegen betrachten bis zu einem Viertel der Kinder, jedoch kaum mehr als ein Sechstel der Erwachsenen bei bimodalem Informationsangebot lediglich eine einzige Modalität; vgl. Tab. 3 und Tab. 4.) Zudem ist mit der zweiten Lernaufgabe (LA II) insgesamt ein (bei Kindern besonders ausgeprägter) Trend zur Verringerung von Modalitätswechseln zu beobachten. Dies dürfte mit der Zunahme an Elementen je Informationsmodalität (Einzelbilder sowie Textzeilen bzw. Wörter) von der ersten zur zweiten Lernaufgabe bei gleichzeitig konstant gehaltener Präsentationsdauer zu erklären sein (vgl. Abb. 28 a und b); allerdings bleibt in beiden Altersgruppen der Anteil der "Häufigwechsler" über beide Lernaufgaben abso-

	Personen - Code	laufende Nummer	Lernschritt	Präsentationsmodus	Alter
Versuchsperson	1059	28	II	Bild/Text	12

	MF - Zeit (sec)	LS - Zeit (sec)	Fix. - Zeit (sec)	Fix. - Häufigkeit	Fix Dauer (durchschnitt) [sec/100]	BKAT	RT	KAI
Bild			3,62	24	15,08	17	17	
Text			4,38	28	15,62			C_K 18
Ohne Informationsaufnahme								T 5,55
Gesamt 9,66			8,00	52	15,38			K 100,9



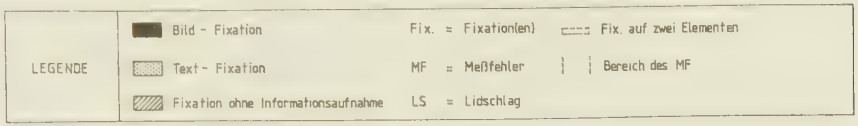
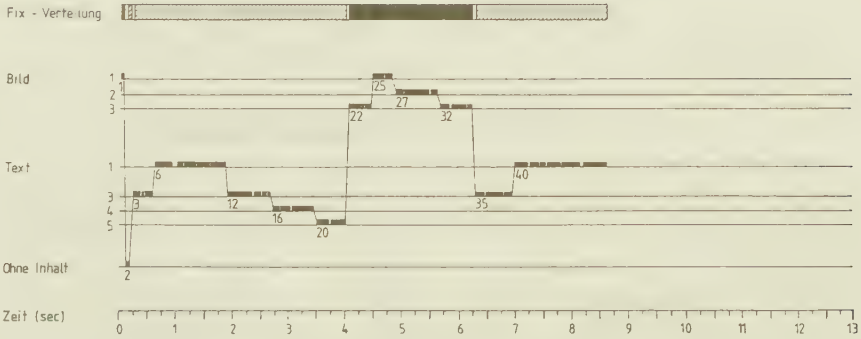


Abb. 28 a: Typische Blickwechselstrategien, einmaliger Modalitätswechsel

	Personen - Code	laufende Nummer	Lernschritt	Präsentationsmodus	Alter
Versuchsperson	1059	28	I	Bild / Text	12

	MF - Zeit (sec)	LS - Zeit (sec)	Fix. - Zeit (sec)	Fix. - Häufigkeit	Fix Dauer (durchschnittl.) (sec/100)	BKAT	RT	KAI
Bild			1,86	14	13,29	21	16	
Text			5,16	30	17,20			C_K 18
Ohne Informationsaufnahme			0,08	1				T 5,55
*Gesamt 8,46			7,10	45	15,28			K 100,9



	Personen - Code	laufende Nummer	Lernschritt	Präsentationsmodus	Alter
Versuchsperson	24	11	II	Bild/Text	38

	MF - Zeit (sec)	LS - Zeit (sec)	Fix. - Zeit (sec)	Fix. - Häufigkeit	Fix Dauer (sec/100) (durchschnittl.)	BKAT	RT	KAI
Bild			2,84	32	8,86	13	16	
Text			4,32	37	11,81			C_K 16
Ohne Informationsaufnahme								T 6,05
Gesamt 9,42			7,16	69	10,38			K 94,5

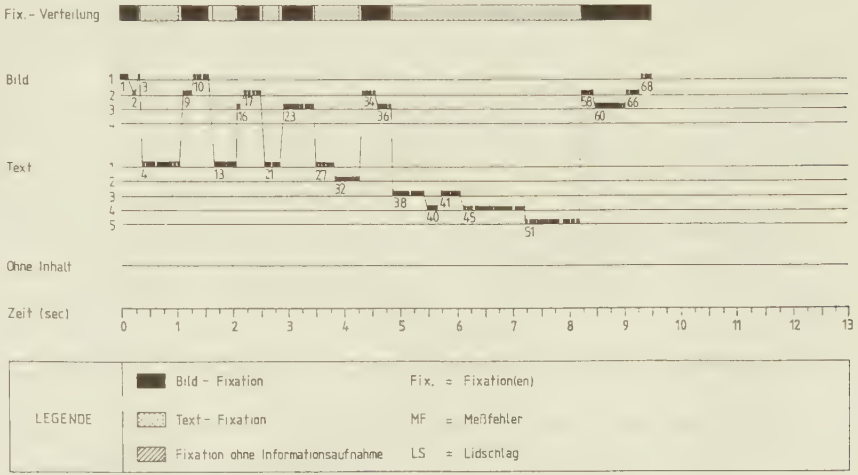


Abb. 28 c: Typische Blickwechselstrategien, mehrmaliger Modalitätswechsel

lut und relativ (bezogen auf jeweils alle Vpn einer jeden Altersgruppe) konstant.

Insgesamt zeigt sich die Tendenz, zunächst die Instruktion in nur einer Informationsmodalität visuell einmal vollständig abzugreifen, bevor, je nach verbleibender Betrachtungszeit, auch die andere Modalität einbezogen wird und stellenweise sogar Formen visuellen Rehearsals angeschlossen werden können.

Im Gegensatz zu den grundlegenden, oben bereits diskutierten Lernleistungsunterschieden zwischen Probanden mit bimodaler und Probanden mit unimodaler Betrachtungsstrategie (Tab. 35 und Tab. 36) sind zwischen Vpn mit grundsätzlich bimodaler Betrachtungsstrategie, aber verschiedenen Blickwechselstrategien in keiner der beiden Altersgruppen Unterschiede in der sensomotorischen Lernleistung zu verzeichnen (vgl. Tab. 37). Allerdings zeichnen sich in der Altersgruppe der 9 - 14jährigen die "Häufigwechsler" in beiden Lernaufgaben durch etwas höhere RT-Durchschnittswerte aus; diese Unterschiede werden jedoch inanbetracht der großen interindividuellen Varianz auch nicht annähernd signifikant. Gerechnet wurden ein- bzw. zweifaktorielle Varianzanalysen (bezogen auf die Anzahl der Modalitätswechsel bzw. auf Anzahl der Modalitätswechsel und Lernaufgaben), H-Tests und t-Tests.

Faßt man die im vorliegenden Kapitel 5.3.1. referierten Ergebnisse wiederum im Hinblick auf die in 3.3. formulierten Arbeitshypothesen zusammen, so ergibt sich insgesamt folgendes Bild:

Die unter dem Gesichtspunkt von Reihefolgeeffekten aufgestellten Hypothesen bzgl. Erstkontakt (S) und Blickwechselstrategien (U) sind als voll bestätigt anzusehen; beide Blickverhaltenskomponenten haben keinen statistisch bedeutsamen Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung. Die auf die Betrachtungsabfolge zielende Hypothese T dagegen konnte nicht bestätigt werden: Die Reihenfolge, in der die Bild- und die Textkomponente der Lehrinformation (unabhängig von ihrer Anordungsstruktur) einer eingehenden Betrachtung (Informationsaufnahme) unterzogen werden, bleibt ohne greifbaren Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung bei Erwachsenen und Kindern. Die Hypothese einer lernbedeutsamen funktionalen Diskrepanz von Bild und korrespondierendem Text kann damit für den Bereich sensomoto-

Alters-gruppe	Lern-aufgabe	MODALITÄTSWECHSEL									N_{Gesamt}* ≙ 100%
		einmal			zweimal			öfter			
		%-Anteil	RT ($\bar{x}$)	RT (s)	%-Anteil	RT ($\bar{x}$)	RT (s)	%-Anteil	RT ($\bar{x}$)	RT (s)	*(nur bimodale Betrachter)
ERWACHSENE	LA I	33 (N=19)	14.7	2.1	36 (N=21)	15.3	2.0	31 (N=18)	14.1	1.9	58
	LA II	38 (N=20)	17.5	4.3	26 (N=14)	18.1	3.5	36 (N=19)	17.5	2.9	53
KINDER	LA I	31 (N=15)	14.3	3.3	51 (N=25)	13.6	2.9	18 (N= 9)	15.1	1.7	49
	LA II	52 (N=21)	15.4	3.8	23 (N= 9)	16.4	4.1	25 (N=10)	17.0	3.1	40

TABELLE 37: Blickwechselstrategien: Unterschiedliche Häufigkeit von Modalitätswechseln und entsprechende durchschnittliche Realisierungstest-Leistung bei Erwachsenen und Kindern in der ersten und zweiten Lernaufgabe (mind. 0.5 sec Betrachtungszeit je Modalität nach jedem Wechsel; nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

rischen Lernens nicht mehr unbeschadet aufrecht erhalten werden. Zugleich wird deutlich, daß das Ausbleiben von Plazierungseffekten von Text und Bild auf die sensomotorische Lernleistung (Hypothesen M und O; vgl. hierzu 5.2.) nicht etwa mit einer zu geringen Einflußstärke von Anordnungsstrukturen auf das Blickverhalten (i.e. Betrachtungsabfolge) erklärt werden kann, sondern tatsächlich mit der Unwirksamkeit der an die Betrachtungsabfolge geknüpften funktionalen Diskrepanz des im vorliegenden Experiment verwendeten Bild- und Textmaterials zu begründen ist.

Im Gegensatz dazu finden sich für die semantische Diskrepanzhypothese in ihrer allgemeinen Fassung durchaus einige Belege, die auf die lern- bzw. behaltensfördernde Wirkung der zwischen pragmatisch gleichbedeutender Bild- und Textinformation bestehenden nominalen Diskrepanz gegenüber einer lediglich unimodal kodierten Instruktion verweisen: Die bzgl. zu erwartender Modalitätseffekte aufgestellte Hypothese zur Bedeutung der Betrachtungskomplexität (E) kann, einschließlich der vorab getroffenen Differenzierung zwischen Kindern und Erwachsenen, im wesentlichen als bestätigt gelten. Allerdings scheint der für die insbesondere bei Kindern erwartungsgemäß eingetretenen Lernvorteile bei bimodaler Betrachtungsstrategie ins Feld geführte Erklärungsansatz zu einfach zu sein. Zumindest für die Auswahlentscheidung für eine bimodale oder eine unimodale, allein auf die Bildkomponente orientierte Betrachtungsstrategie, wahrscheinlich aber auch für die Lernleistungsunterschiede selber, scheinen deutliche Unterschiede in der Kurzspeicherkapazität (Zuflußgeschwindigkeit zum KZS) zumindest mit verantwortlich zu sein.

Alle weiteren unter 3.3. aufgeführten Hypothesen sind erst in Zusammenhang mit der korrelationsstatistischen Auswertung der Daten (vgl. 5.3.2.) zu beantworten.

5.3.2. Quantitative Merkmale des Blickverhaltens und sensomotorische Lernleistung

An quantitativen Merkmalen des Blickverhaltens wurden einerseits die je Vp auf Bild und Text zusammen entfallende Fixationshäufigkeit (FH) und Fixationsdauer (FD, jeweils modalitätsübergreifend gemittelt) erfaßt; anderer-

seits wurden die je Vp auf das Bild und auf den Text gesondert entfallende Fixationszeit (FZ_B bzw. FZ_T; jeweils modalitätsspezifisch aufsummierte einzelne Fixationsdauern) herangezogen.

Wie nicht anders zu erwarten, verhalten sich bei vorgegebener Präsentationsdauer FH und FD sowie FZ_B und FZ_T jeweils komplimentär zueinander (PEARSON's r in keinem Fall unter .93 bei Kindern bzw. unter .86 bei Erwachsenen. Diese jeweils komplementären Größen werden im folgenden wahlweise als quantitativer Ausdruck der modalitätsübergreifenden mittleren Blickdichte (FH bzw. FD) und der modalitätsspezifischen visuellen Zuwendung (FZ_B bzw. FZ_T) aufgefaßt.

Außerdem wurden bei der gesonderten Bearbeitung der Daten von Vpn mit ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie zusätzlich noch die modalitätsspezifisch ermittelte, durchschnittliche Fixationsdauer (FD_B bzw. FD_T) in die Berechnungen einbezogen.

Zur korrelationsstatistischen Analyse wurden bei Kindern und Erwachsenen die Vpn unter beiden bimodalen Präsentationsbedingungen jeweils pro Lernaufgabe zusammengefaßt. Dies erscheint insofern vertretbar, als sich die zusammenzufassenden Einzelgruppen in der zentralen Tendenz weder in Bezug auf Alter (AL), Zuflußgeschwindigkeit (C_K) zum KZS und Gegenwartsdauer (T), noch in Bezug auf kognitive Repräsentanz (BKAT) und Realisierung (RT) des Lerngegenstandes statistisch unterscheiden (t-Test bzw. U-Test). Somit ergibt sich, Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie zusammengefaßt, bzgl. jeder Lernaufgabe (LA I bzw. LA II) für Erwachsene ein Stichprobenumfang von N = 64, für Kinder von N = 56.

Bei allen Berechnungen, die jeweils gesondert mit den Probanden mit einer ausschließlich bimodalen Betrachtungsstrategie durchgeführt wurden, ergeben sich dagegen für Erwachsene Stichprobenumfänge von N = 58 (LA I) bzw. N = 53 (LA II), für Kinder von N = 49 (LA I) bzw. 40 (LA II).

Die Korrelationen einzelner Variablen sind für jede der soeben genannten Bedingungen den Interkorrelationstabellen Tab. 38 bis Tab. 45 zu entnehmen (z.B. Kinder, nur bimodale Betrachter, LA II vgl. Tab. 45).

E R W A C H S E N E, L A I (bimodale und unimodale Betrachter; N = 64)

	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FH	FD
RT I	.688**	.369**	.401**	.205	-.297*	-.144	.205	.013	.047
BKAT I		.371**	.377**	.224	-.118	-.215	.271*	-.056	.098
K			.908**	.768**	-.269*	-.149	.185	.092	-.016
C_K				.459**	-.299**	-.082	.098	.074	-.027
T					-.171	-.147	.208	.081	.013
AL						.147	-.164	-.163	.103
FZ_T							-.905**	.051	.083
FZ_B								-.088	.166
FH									-.871**

$r_{0.05;60} = .250$ $r_{0.01;60} = .325$

TABELLE 38: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität)

E R W A C H S E N E, L A II (bimodale und unimodale Betrachter; N = 64)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FH	FD
RT II	.763**	.473**	.431**	.157	.120	.176	-.257*	.164	-.180	-.135	.130
BKAT II		.483**	.401**	.225	.213	.171	-.079	.119	-.135	-.286*	.244
RT I			.688**	.369**	.401**	.205	-.297*	-.031	.082	-.208	.177
BKAT I				.371**	.377**	.224	-.118	-.028	.114	-.146	.114
K					.908**	.768**	-.269*	-.028	.101	-.158	.156
C_K						.459**	-.299*	.000	.057	-.102	.103
T							-.171	-.071	.123	-.118	.119
AL								.117	-.107	-.038	.092
FZ_T									-.887**	-.176	.234
FZ_B										.049	.016
FH											-.869**

$r_{0.05;60} = .250$ $r_{0.01;60} = .325$

TABELLE 39: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität)

K I N D E R, L A I (bimodale und unimodale Betrachter; N = 56)

	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FH	FD
RT I	.430**	.236	.192	.224	.160	.325*	-.329*	.285*	-.306*
BKAT I		.118	.074	.129	.095	.014	-.018	.034	-.068
K			.913**	.874**	.565**	.319*	-.336*	.275*	-.298*
C_K				.622**	.596**	.352*	-.393**	.285*	-.312*
T					.408**	.240	-.234	.164	-.187
AL						.193	-.231	.099	-.162
FZ_T							-.963**	.024	.055
FZ_B								-.059	.051
FH									-.939**

$r_{0.05;54} = .273$ $r_{0.01;54} = .354$

TABELLE 40: Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität)

K I N D E R, L A II (bimodale und unimodale Betrachter; N = 56)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FH	FD
RT II	.650**	.640**	.363**	.173	.199	.126	.069	.225	-.190	-.222	.223
BKAT II		.557**	.501**	.241	.206	.210	.000	.106	-.099	-.078	.104
RT I			.430**	.236	.192	.224	.016	.332*	-.307*	-.015	.029
BKAT I				.118	.074	.129	.095	.108	-.119	-.202	.141
K					.913**	.874**	.565**	.109	-.105	.024	-.027
C_K						.622**	.596**	.141	-.152	.071	-.085
T							.408**	.102	-.077	-.113	.124
AL								.238	-.221	-.074	.099
FZ_T									-.974**	-.289*	.295*
FZ_B										.287*	-.229
FH											-.934**

$r_{0.05;54} = .273$ $r_{0.01;54} = .354$

TABELLE 41: Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungskomplexität)

E R W A C H S E N E, L A I (nur bimodale Betrachter; N = 58)

	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FD_T	FD_B	FH	FD
RT I	.678**	.342*	.388**	.151	-.323*	-.052	.147	-.030	.157	.003	.077
BKAT I		.296*	.353*	.117	-.149	-.012	.125	.000	.345*	-.100	.170
K			.903**	.740**	-.296*	.145	.000	-.034	.218	.040	.073
C_K				.402**	-.299*	.099	-.000	-.108	.205	.034	.026
T					-.212	.135	.012	.072	.130	.045	.092
AL						.252	-.271	.097	.152	-.164	.107
FZ_T							-.869**	-.095	.072	.163	-.078
FZ_B								.334*	.123	-.273*	.380**
FD_T									.381**	-.712**	.828**
FD_B										-.684**	.710**
FH											-.887**

$r_{0.05;50} = .273$ $r_{0.01;50} = .354$

TABELLE 42: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

E R W A C H S E N E, L A II (nur bimodale Betrachter; N = 53)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FD_T	FD_B	FH	FD
RT II	.724**	.463**	.454**	.235	.184	.253	-.261	.219	-.251	.129	.001	-.075	.095
BKAT II		.486**	.393**	.317*	.272	.260	-.086	.140	-.078	.125	.229	-.197	.201
RT I			.631**	.353*	.396**	.204	-.324*	-.022	.053	.087	.090	-.174	.163
BKAT I				.360**	.398**	.204	-.128	.000	.082	.027	.090	-.095	.096
K					.902**	.767**	-.346*	.000	.093	.098	.191	-.161	.163
C_K						.444**	-.350*	.036	.038	.027	.120	-.119	.117
T							-.250	-.049	.121	.132	.173	-.108	.115
AL								.200	-.169	.102	.023	-.011	.092
FZ_T									-.811**	.235	.026	-.077	.175
FZ_B										.078	.342*	-.114	.118
FD_T											.279*	-.764**	.856**
FD_B												-.575**	.617**
FH													-.864**

$r_{0.05;50} = .273$ $r_{0.01;50} = .354$

TABELLE 43: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

K I N D E R, L A I (nur bimodale Betrachter; N = 49)

	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FD_T	FD_B	FH	FD
RT I	.416**	.159	.090	.214	.132	.148	-.188	-.145	-.291*	.210	-.264
BKAT I		.123	.100	.114	.117	-.128	.107	.017	-.089	.000	-.063
K			.907**	.872**	.562**	.166	-.199	-.294*	-.207	.269*	-.317*
C_K				.609**	.582**	.151	-.223	-.331*	-.233	.293*	-.346*
T					.421**	.199	-.197	.197	-.117	.161	-.276
AL						.140	-.033	-.191	-.113	.187	-.204
FZ_T							-.947**	.166	-.093	-.062	.056
FZ_B								-.053	.227	-.017	.080
FD_T									.365*	-.761**	.800**
FD_B										-.773**	.822**
FH											-.951**

$r_{0.05;45} = .288$ $r_{0.01;45} = .372$

TABELLE 44: Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL	FZ_T	FZ_B	FD_T	FD_B	FH	FD
RT II	.635**	.597**	.365*	.169	.172	.163	.157	.017	.059	.235	.182	-.256	.289
BKAT II		.451**	.433**	.177	.129	.209	.074	-.112	.131	.085	.188	-.228	.292
RT I			.385*	.101	.038	.125	.210	.042	.000	.238	-.132	.000	.039
BKAT I				.063	.047	.058	.087	-.064	.037	.063	.238	-.224	.217
K					.896**	.885**	.613**	-.060	.073	.070	-.087	-.045	.026
C_K						.606**	.625	-.172	.160	-.087	-.014	.032	-.069
T							.458**	.122	-.078	.228	-.091	-.117	.177
AL								.032	.024	-.152	.058	.086	-.035
FZ_T									-.945**	.358*	-.026	-.265	.263
FZ_B										-.270	.094	.263	-.169
FD_T											-.073	-.556**	.615**
FD_B												-.608**	.629**
FH													-.927**

$r_{0.05;35} = .325$ $r_{0.01;35} = .418$

TABELLE 45: Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt (nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

Wie aus den Interkorrelationstabellen ersichtlich, weisen mittlere Blickdichte und modalitätsspezifische Zuwendung nur unter zwei Bedingungen (Kinder, LA II, alle Betrachter, vgl. Tab. 41; Erwachsene, LA I, nur bimodale Betrachter, vgl. Tab. 42)[1] signifikante Interkorrelationen auf, die jedoch mit $r \sim .28$ keine nennenswerte Größenordnung erreichen. Die hier betrachteten modalitätsspezifischen und modalitätsübergreifenden Komponenten des Blickverhaltens können damit (zumindest hinsichtlich des in der vorliegenden Untersuchung erhobenen Datenmaterials) als in ihrer Variation unabhängig voneinander angesehen werden.

In signifikanter Beziehung zur Realisierungsleistung (RT) als letztgültigem Außenkriterium der sensomotorischen Lernleistung stehen beide Größen durchgängig (also sowohl FZ_B sowie FZ_T als auch FH sowie FD) nur bei Kindern (bimodale und unimodale Betrachter) in der ersten Lernaufgabe (Tab. 40), sowie in einem singulären Fall (FD_B) ebenfalls bei Kindern (nur bimodale Betrachter) in LA I (Tab. 44). Die Beziehungsstärke bewegt sich dabei zwischen $r = .28$ und $r = .32$. Alle übrigen Korrelationskoeffizienten zwischen Blickverhaltensmerkmalen und Realisierungstest-Leistung liegen bei Kindern und noch deutlicher bei Erwachsenen unter diesen Werten und werden in keinem Falle signifikant.

Statistisch relevante Beziehungen zwischen Blickverhaltensmerkmalen und Bildkartenauswahltest-Leistung (BKAT) dagegen, also der operationalisierten kognitiven Repräsentanz der neuauszuführenden Bewegung, ergeben sich bei Kindern an keiner Stelle. Bei Erwachsenen zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen BKAT und FZ_B bzw. FH in der ersten bzw. der zweiten Lernaufgabe unter Berücksichtigung aller Vpn (bimodale und unimodale Betrachtungsstrategie). Bei Reduzierung auf die nur bimodalen Betrachter ergibt sich in der ersten Lernaufgabe eine signifikante Korrelation zwischen BKAT und FD_B (Tab. 42). Auch diese Korrelationseffizienten liegen um .3, sind also hinsichtlich der Beziehungsstärke den o. g. vergleichbar. Diese auf den BKAT bezogenen Ergebnisse sind jedoch eher singulär und zeigen keine Entsprechung mehr bei einer

[1] Im Fall der Kinder, LA II, Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie zusammengefaßt, ergibt sich dieser Sachverhalt aus der Tatsache, daß Kinder dieser Altersgruppe beim Textlesen zwar tendenziell geringfügig längere Fixationen produzieren als bei der Bildbetrachtung (vgl. 5.1., Tab. 10), daß aber die betreffende Stichprobe (N = 56) zugleich zahlreiche (N = 15) Nur-Bild-Betrachter einschließt, die mit $FZ_T = 0$ diesen geringfügigen Effekt signifikant werden lassen. Bei Berücksichtigung von Kindern mit ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie verschwindet dieser Effekt erwartungsgemäß (vgl. Tab. 45).

Orientierung an der Realisierungstest-Leistung als Referenzebene (s. o.).

Die weitere Analyse wird sich daher in erster Linie auf die Beziehung von quantitativen Blickverhaltensmerkmalen und sensomotorischer Realisierungsleistung konzentrieren.

Diese insgesamt recht niedrigen Koeffizienten entsprechen in der Größenordnung allerdings durchaus den von anderen Autoren berichteten Ergebnissen zur Beziehungsstärke von Blickverhalten und Gedächtnisleistung (TVERSKY 1974: .06 bzw. .13; LOFTUS 1972: .30 bzw. .40; WITT 1977: .30; BERNHARD 1978: um .20 bzw. um .30).

In Anbetracht der geringen Zusammenhangsstärke von Blickverhalten und Lernleistung und im Hinblick auf Konfundierungen des Blickverhaltens mit weiteren, personspezifischen Variablen ist zu fragen, ob die erhobenen Blickverhaltensmerkmale überhaupt einen eigenständigen Beitrag zur Vorhersage der sensomotorischen Lernleistung leisten.

Hierzu wurden für Kinder und Erwachsene je vier schrittweise multiple Korrelationen gerechnet. Als Kriteriumsvariable wurde durchweg die Realisierungstest-Leistung (RT-Rohpunktwerte) herangezogen. Die Ergebnisse sind für Erwachsene und Kinder, Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie zusammengefaßt, in Tab. 46 wiedergegeben, wobei die Ergebnisdarstellung i. d. R. mit dem letzten signifikant gewordenen Prädiktor abgebrochen wurde. De facto wurden jedoch alle schrittweisen multiplen Korrelationen bis zum Ende durchgerechnet, da (aufgrund von Suppressoreffekten) manche Prädiktoren u. U. erst ganz zum Schluß als signifikante Vorhersagevariablen in Erscheinung treten (Solche Fälle sind in Tab. 46 gesondert aufgeführt.). Auf diese Weise wurden jeweils neun (LA I) bzw. elf (LA II) Prädiktorvariablen in die Rechnung einbezogen.

Aus der Reihenfolge, in welcher die einzelnen Prädiktoren dem Berechungsalgorithmus zufolge in die Rechnung mitaufgenommen werden, läßt sich zugleich ihre Rangfolge und ihr quantitativer Beitrag zur Aufklärung der Varianz der rechnerisch geschätzten Werte der Kriteriumsvariable entnehmen (Anstieg mult. r^2). Aus Tab. 46 ist darüber hinaus ersichtlich, ob die anhand der Prädiktoren errechnete Kriteriumsvariable mit der empirisch (experimentell) ermittelten überzufällig übereinstimmt (Signifikanz mult. r).

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT I Erwachsene** (N=64)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT I	.688	.473	.473	.68	.95	.66**
2	Alter AL	.721	.521	.048	-.29	-.40	-.21*
F = 33.211***	$F_{(2,61;0.001)}=7.76$						
	$F_{(2,61;0.05)}=3.142$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.710					
(Acht Prädiktoren		.731	.535)				

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT II Erwachsene** (N=64)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT II	.763	.583	.583	.76	.92	.67**
2	Alter AL	.788	.622	.039	-.25	-.31	-.24**
3	kognit. Ausgangsniv. BKAT I	.797	.636	.014	.43	.52	.20*
4	Zuflußgeschw. C_K	.811	.658	.022	.12	.14	-.20*
5	modal.spez. Zuw. FZ_B	.820	.674	.016	-.18	-.21	-.13
6	Gegenwartsdauer T	.824	.679	.005	.17	.21	.08
F = 23.987***	$F_{(6,57;0.001)}=4.42$						
	$F_{(6,57;0.05)}=2.257$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.803					
(Neun Prädiktoren		.832	.693)				

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT I Kinder** (N=56)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT I	.430	.185	.185	.43	.70	.40**
2	modal.spez. Zuw. FZ_T	.537	.288	.103	.32	.53	.61**
3	modal.übergr. Blickdichte FD	.612	.375	.087	-.30	-.50	-.32**
F = 7.826***	$F_{(3,52;0.001)}=6.30$						
	$F_{(3,52;0.05)}=2.776$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.582					
(Sechs Prädiktoren		.640	.409)				

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT II Kinder** (N=56)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT II	.650	.423	.423	.65	.86	.40**
2	sensomot. Ausgangsniv. RT I	.731	.535	.112	.64	.84	.40**
3	modal.übergr. Blickdichte FH	.754	.568	.033	-.22	-.29	-.18*
F = 22.860***	$F_{(3,52;0.001)}=6.30$						
	$F_{(3,52;0.05)}=2.776$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.736					
(Neun Prädiktoren		.786	.617)				

TABELLE 46: Ergebnisse der schrittweisen multiplen Korrelation, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" in jeder der beiden Altersgruppen zusammengefaßt, jeweils Vpn mit bimodaler **und** unimodaler Betrachtungsstrategie
(Signifikanzniveau: ** ≙ 99%; * ≙ 95%)

Die entscheidende Prädiktorenfunktion kommt den Ergebnissen zufolge für beide Lernaufgaben in beiden Altersgruppen an erster Stelle der aktuellen Bewegungsvorstellung zu sowie, zusätzlich jeweils in der zweiten Lernaufgabe (LA II), dem kognitiven (Erwachsene) bzw. dem sensomotorischen (Kinder) Ausgangsniveau. Auf diese Prädiktoren entfallen zusammen jeweils etwa 50 % bis 60 % der aufgeklärten Kriteriumsvarianz.

Einen signifikanten Beitrag zur Kriteriumsvorhersage leisten darüber hinaus bei Erwachsenen lediglich die Variablen "Alter" (in beiden Lernaufgaben) und "Zuflußgeschwindigkeit C_K" (nur in LA II). Rechnet man die schrittweise multiple Korrelation für Erwachsene in LA I allerdings weiter, so wird bei insgesamt acht Prädiktoren auch hier eine Kurzspeichervariable, nämlich K, signifikant. Bei Kindern dagegen haben die modalitätsübergreifende mittlere Blickdichte für beide Lernaufgaben (Fixationsdauer FD in LA I; Fixationshäufigkeit FH in LA II), sowie die modalitätsspezische visuelle Zuwendung (Fixationszeit Text FZ_T; nur in LA I, hier allerdings noch vor FD) zusätzlich einen signifikanten Anteil an der RT-Kriteriumsvorhersage.

Die aufgrund dieser signifikanten Prädiktorensätze vorgesagte Realisierungstest-Leistung korreliert mit der empirisch ermittelten durchweg signifikant mit einem mult. r von .61 bzw. .75 (Kinder, LA I bzw. LA II) und .72 bzw. .81 (Erwachsene, LA I bzw. LA II). Wie Tab. 50 zu entnehmen ist, liefern die reduzierten Prädiktorensätze überdies eine gegenüber den vollständigen Prädiktorensätzen kaum geringere Kriteriumsvorhersage.

Es erhebt sich nun die Frage, inwieweit diese Ergebnisse zugleich spezifische Einflüsse von Vpn mit unterschiedlicher Betrachtungsstrategie (bimodal versus unimodal; vgl. 5.1. sowie 5.3.1.) widerspiegeln. Hierzu wurde das eben beschriebene Verfahren der schrittweisen multiplen Korrelation in gleicher Weise nochmals durchgeführt, wobei in jeder Altersgruppe allerdings nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie einbezogen wurden. Gleichzeitig wurde dabei in den Prädiktorenpool die modalitätsspezifische Fixationsdauer (FD_T und FD_B) zusätzlich aufgenommen. Die Ergebnisse sind Tab. 47 zu entnehmen.

Auch in diesem Fall korreliert in beiden Altersgruppen für jede der beiden Lernaufgaben die anhand der (signifikanten) Prädiktorensätze vorhergesagte lisierungstest-Leistung wiederum durchweg signifikant mit der empirisch ermittelten mit einem mult. r von .48 bzw. .72 (Kinder, LA I bzw. LA II) und .71

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT I Erwachsene** (N=58)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT I	.678	.460	.460	.67	.94	.64**
2	Alter AL	.715	.511	.051	-.32	-.45	-.22*
F = 28.781***	$F_{(2,55;0.001)}=7.84$						
	$F_{(2,55;0.05)}=3.160$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.702					
(Acht Prädiktoren		.724	.525)				

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT II Erwachsene** (N=53)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT II	.724	.525	.525	.72	.89	.60**
2	Alter AL	.751	.565	.040	-.26	-.32	-.22*
3	modal.spez. Zuw. FZ_B	.787	.619	.054	-.25	-.31	-.25**
4	kognit. Ausgangsniv. BKAT I	.809	.656	.037	.45	.56	.20*
F = 22.884***	$F_{(4,48;0.001)}=5.56$						
	$F_{(4,48;0.05)}=2.558$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.792					
(Zehn Prädiktoren		.845	.715)				

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT I Kinder** (N=49)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT I	.416	.173	.173	.41	.85	.39**
2	modal.spez. Blickdichte FD_B	.488	.238	.065	-.29	-.59	-.25+
F = 7.213***	$F_{(2,46;0.01)}=5.11$						
	$F_{(2,46;0.05)}=3.194$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.452					
(Acht Prädiktoren		.567	.321)				

Red. Prädiktorensatz für Realisierungsleistung **RT I Kinder** (N=40)

Step	Variable	mult.r	mult.r^2	Anstieg	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
1	akt. Beweg.Vorst. BKAT II	.635	.404	.404	.63	.87	.45**
2	sensomot. Ausgangsniv. RT I	.724	.525	.121	.59	.82	.38**
F = 20.453***	$F_{(2,37;0.001)}=8.35$						
	$F_{(2,37;0.05)}=3.247$						
Erwart.tr. Schätzung ♀		.706					
(Elf Prädiktoren		.781	.610)				

TABELLE 47: Ergebnisse der schrittweisen multiplen Korrelation, Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" in jeder der beiden Altersgruppen zusammengefaßt, jeweils **nur** Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie
(Signifikanzniveau: ** ≙ 99%; * ≙ 95%; + ≙ 90%)

bzw. .80 (Erwachsene, LA I bzw. LA II). Mit Ausnahme der ersten Lernaufgabe in der Altersgruppe der 9- bis 14jährigen erweist sich damit die Vorhersagegüte der Prädiktoren insgesamt als recht stabil. Der Vergleich der Vorhersagegüte der reduzierten gegenüber den vollständigen Prädiktorensätten ist wiederum Tab. 50 zu entnehmen.

Auch hinsichtlich der Variablen mit der insgesamt entscheidenden Prädiktorenfunktion ergeben sich gegenüber der vollständigen Stichprobe keine Unterschiede: Nach wie vor kommt für beide Lernaufgaben in beiden Altersgruppen der aktuellen Bewegungsvorstellung (BKAT) und, zusätzlich jeweils in der zweiten Lernaufgabe (LA II), dem sensomotorischen (Kinder) bzw. dem kognitiven (Erwachsene) Ausgangsniveau die größte Bedeutung zu. Auch die Variable "Alter" leistet bei Erwachsenen nach wie vor in beiden Lernaufgaben einen nennenswerten signifikanten Beitrag zur Kriteriumsvorhersage.

Darüber hinaus allerdings gewinnt nunmehr bei Erwachsenen in LA II mit "Fixationszeit Bild" die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung als signifikanter Prädiktor an Bedeutung, während die (bei Erwachsenen mit unimodaler Betrachtungsstrategie positiv korrelierte) Zuflußgeschwindigkeit C_K nicht mehr relevant wird. Rechnet man die schrittweise multiple Korrelation an dieser Stelle zu Ende, so tritt zusätzlich noch die "Fixationsdauer Text FD_T" als signifikanter Prädiktor in Erscheinung, was die lernrelevante Bedeutung der Textzuwendung in der zweiten Lernaufgabe noch unterstreicht (RT korreliert negativ mit FZ_B, positiv mit FZ_T und FD_T).

Anders bei Kindern: Hier tritt, neben der BKAT- und der RT-Leistung, keine weitere Variable mehr als signifikanter Prädiktor in Erscheinung. Dies deutet darauf hin, daß nicht nur die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung (RT korreliert negativ mit FZ_B, positiv mit FZ_T) in ihrer Bedeutung als Prädiktor zunächst einmal das Vorhandensein von Vpn mit einer nur unimodalen, bildfixierten Betrachtungsstrategie widerspiegelt, sondern daß dies darüber hinaus auch für die Komponenten einer modalitätsübergreifenden mittleren Blickdichte (FD bzw. FH) zutrifft.

Wie wäre das zu erklären? Kinder mit mit bimodaler und Kinder mit unimodaler Betrachtungsstrategie unterscheiden sich nach 5.3.1. signifikant bis hochsignifikant hinsichtlich ihrer Zuflußgeschwindigkeit C_K und zugleich hinsichtlich

ihrer RT-Leistung. Zumindest für die erste Lernaufgabe ergeben sich für Kinder für C_K und FH signifikant positive, für C_K und FD signifikant negative Interkorrelationen (vgl. Tab. 40 und Tab. 44). Die ebenfalls signifikanten Korrelationen von FH und FD mit der RT-Leistung stimmen in der Vorzeichenrichtung jeweils mit den entsprechenden Korrelationen mit C_K überein (vgl. ebenda). Betrachtungskomplexität, modalitätsspezifische visuelle Zuwendung und modalitätsübergreifende mittlere Blickdichte sind also bei 9- bis 14jährigen Kindern möglicherweise, wenn auch zu unterschiedlichen Teilen, als verschiedenartiger Ausdruck immer derselben ursächlichen personspezifischen Variablen, nämlich der jeweiligen Kapazität des Kurzzeitspeichers (oder genauer, der Zuflußgeschwindigkeit C_K bzw. der praktischen Lesefähigkeit) zu begreifen. Man vergleiche hierzu auch die signifikanten Interkorrelationen von FZ_T bzw. FZ_B mit FH bzw. FD in LA II bei Kindern mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie, Tab. 40, sowie die in der Tendenz entsprechenden, allerdings nicht mehr signifikanten Werte in Tab. 44, Kinder in LA II mit nur bimodaler Betrachtungsstrategie: Es sind auch hier die Vpn mit der größeren mittleren Fixationsdauer FD, welche in der zweiten Lernaufgabe die tendenziell besseren RT-Ergebnisse erzielen, und die dabei zugleich das größere Ausmaß an Text-Zuwendung (FZ_T) aufweisen!

Die Tatsache, daß bei der vollständigen Abarbeitung der schrittweisen multiplen Korrelation bei Kindern mit ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie in der zweiten Lernaufgabe die Zuflußgeschwindigkeit (C_K) und die Gegenwartsdauer (T) als signifikante Prädiktoren in Erscheinung treten, mag als weitere Unterstützung für diesen Interpretationsansatz gewertet werden: Bei Kindern ist das Konstrukt der Kurzspeicherkapazität als primäre Einflußgröße sowohl auf die sensomotorische Lernleistung als auch auf die Struktur des Blickmusters, und hier insbesondere auf die Wahl einer bimodalen oder einer unimodalen Betrachtungsstrategie anzusehen. Eine gewisse modalitätsspezifische Überformung auch der modalitätsübergreifenden Blickverhaltensmerkmale (vgl. 5.1.) läßt immer dann diese Merkmale als besonders sensible Indikatoren für entsprechende Unterschiede in der fluiden Intelligenz und damit in der Lernleistung zutage treten, wenn Text-Bild- und Nur-Bild-Betrachter gemeinsam Berücksichtigung finden. Die "Empfindlichkeit" quantitativer Merkmale des Blickmusters für Unterschiede im personspezifischen kognitiven Leistungsvermögen mag demgegenüber geringer sein, wenn nur Vpn mit einer homogenen Betrachtungsstrategie (qualitative Blickverhaltenskomponente) oder aber nur Probanden oberhalb einer gewissen Leistungsschwelle einbezogen werden;

diese zuletzt genannte Alternative allerdings muß hier noch offenbleiben.

Die bis hierher referierten Ergebnisse und der angedeutete Interpretationsansatz finden weitere Bestätigung, wenn man auf den mit der aktuellen Bewegungsvorstellung gegebenen Informationsgehalt verzichtet (diese repräsentiert ja auch bereits ein Lernergebnis und ist gerade deshalb die voraussagestärkste Prädiktorvariable in allen schrittweisen multiplen Korrelationen) und in die Korrelationsberechnungen nur diejenigen Variablen als Prädiktoren einbezieht, die personspezifische Voraussetzungen, kognitives und sensomotorisches Ausgangsniveau und die Struktur der Informationsaufnahme repräsentieren.

Hierzu wurden für jede Altersgruppe und jede Lernaufgabe multiple Korrelationen mit der RT-Leistung als Kriteriumsvariable sowohl für die jeweilige gesamte Stichprobe (Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie zusammengefaßt), als auch für die jeweilige Teilstichprobe von Probanden mit ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie gerechnet (vgl. Tab. 48 und Tab. 49). Dabei wurde die auf die jeweilige Lernaufgabe unmittelbar bezogene BKAT-Leistung nicht als Prädiktor aufgenommen.

Wie die Ergebnisse zeigen, konnten wiederum bis auf eine Ausnahme (Kinder, LA I, nur bimodale Betrachter) signifikante Korrelationen der anhand der Prädiktoren errechneten mit der empirisch ermittelten RT-Leistung erzielt werden. Die Prädiktorensätze repräsentieren also auch ohne die BKAT-Leistung bereits insgesamt hinreichend lernleistungsrelevante Information.

Als signifikante Prädiktoren (über deren jeweiligen Varianzaufklärungsanteil lassen sich bei dem hier gewählten Verfahren keine verläßlichen Angaben mehr machen) fallen bei Kindern, abgesehen vom sensomotorischen Ausgangsniveau (RT-I) für die zweite Lernaufgabe, ausschließlich Blickverhaltensmerkmale ins Gewicht. Vor allem die modalitätsübergreifende mittlere Blickdichte, repräsentiert durch die mittlere Fixationsdauer FD, erweist sich unabhängig von der Lernaufgabe und der von der untersuchten Teilstichprobe gezeigten Betrachtungskomplexität (bimodal bzw. unimodal) als konsistente Einflußgröße (vgl. Tab. 49).

Bei einer weiterführenden Interpretation ist hier allerdings zu berücksichtigen, daß FD in LA I jeweils signifikant mit C_K negativ interkorreliert (Tab. 40 und Tab. 44), und daß FD in LA II jeweils positive Interkorrelationen mit

bimodale und unimodale Betrachter

Mult. Korr. Erwachsene **LA I** (N=64)
Krit. Var. **RT I**; Prädikt.satz ohne BKAT I
mult.r = .467**; F = 4.127; $F_{krit.0.05}$ = 2.521

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
Zuflußbeschw. C_K	.40	.85	.33**
Alter AL	-.29	-.63	-.18
modal.spez. Zuw. FZ_B	.20	.43	.13
modal.übergr. Blickdichte FD	.04	.10	.05

Mult. Korr. Erwachsene **LA II** (N=64)
Krit. Var. **RT II**; Prädikt.satz ohne BKAT II
mult.r = .594***; F = 5.185; $F_{krit.0.05}$ = 2.257

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
kogn. Ausgangsniv. BKAT I	.43	.72	.29+
sensomot. Ausg.niv. RT I	.47	.79	.27
Zuflußgeschw. C_K	.12	.20	-.16
Alter AL	-.25	-.43	-.22+
modal.spez. Zuw. FZ_B	-.18	-.30	-.25*
modal.übergr. Blickdichte FD	.13	.21	.08

nur bimodale Betrachter

Mult. Korr. Erwachsene **LA I** (N=58)
Krit. Var. **RT I**; Prädikt.satz ohne BKAT I
mult.r = .458*; F = 3.528; $F_{krit.0.05}$ = 2.539

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
Zuflußgeschw. C_K	.38	.88	.32*
Alter AL	-.32	-.70	-.21
modal.spez. Zuw. FZ_B	.14	.32	.06
modal.übergr. Blickdichte FD	.07	.16	.06

Mult. Korr. Erwachsene **LA II** (N=53)
Krit. Var. **RT II**; Prädikt.satz ohne BKAT II
mult.r = .637***; F = 5.243; $F_{krit.0.05}$ = 2.298

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
kogn. Ausgangsniv. BKAT I	.45	.71	.36*
sensomot. Ausg.niv. RT I	.46	.72	.19
Zuflußgeschw. C_K	.18	.28	-.13
Alter AL	-.26	-.41	-.27*
modal.spez. Zuw. FZ_B	-.25	-.39	-.35**
modal.übergr. Blickdichte FD	.09	.14	.13

TABELLE 48: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die Realisierungstest-Leistung bei Erwachsenen **ohne** Berücksichtigung der lernaufgabenspezifischen BKAT-Leistung als Korrelat der jeweils **aktuellen** Bewegungsvorstellung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt; Signifikanzniveau: ** ≙ 99%; * ≙ 95%; + ≙ 90%)

bimodale und unimodale Betrachter

Mult. Korr. Kinder **LA I** (N=56)
Krit. Var. **RT I**; Prädikt.satz ohne BKAT I
mult.r = .444*; F = 3.142; $F_{krit.0.05}$ = 2.546

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
Zuflußbeschw. C_K	.19	.43	-.07
Alter AL	.16	.36	.08
modal.spez. Zuw. FZ_B	-.32	-.74	-.32*
modal.übergr. Blickdichte FD	-.30	-.68	-.30*

nur bimodale Betrachter

Mult. Korr. Kinder **LA I** (N=49)
Krit. Var. **RT I**; Prädikt.satz ohne BKAT I
mult.r = .337; F = 1.411; $F_{krit.0.05}$ = 2.577

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
Zuflußgeschw. C_K	.09	.26	-.13
Alter AL	.13	.39	.14
modal.spez. Zuw. FZ_B	-.18	-.55	-.19
modal.übergr. Blickdichte FD	-.26	-.78	-.26

Mult. Korr. Kinder **LA II** (N=56)
Krit. Var. **RT II**; Prädikt.satz ohne BKAT II
mult.r = .686***; F = 7.264; $F_{krit.0.05}$ = 2.284

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
kogn. Ausgangsniv. BKAT I	.36	.53	.07
sensomot. Ausg.niv. RT I	.64	.93	.59**
Zuflußgeschw. C_K	.19	.29	.12
Alter AL	.06	.10	-.03
modal.spez. Zuw. FZ_B	-.19	-.27	-.06
modal.übergr. Blickdichte FD	.22	.32	.22*

Mult. Korr. Kinder **LA II** (N=40)
Krit. Var. **RT II**; Prädikt.satz ohne BKAT II
mult.r = .688**; F = 4.948; $F_{krit.0.05}$ = 2.383

Prädiktoren	einf.r	RFSK	Regr.Gew.
kogn. Ausgangsniv. BKAT I	.36	.53	.08
sensomot. Ausg.niv. RT I	.59	.86	.56**
Zuflußgeschw. C_K	.17	.25	.21
Alter AL	.15	.22	-.09
modal.spez. Zuw. FZ_B	.05	.08	.06
modal.übergr. Blickdichte FD	.28	.42	.27*

TABELLE 49: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die Realisierungstest-Leistung bei Kindern **ohne** Berücksichtigung der lernaufgabenspezifischen BKAT-Leistung als Korrelat der jeweils **aktuellen** Bewegungsvorstellung (Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt; Signifikanzniveau: ** ≙ 99%; * ≙ 95%)

	Vpn mit bimodaler und unimodaler Betrachtungsstrategie				Nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie			
	ERWACHSENE		KINDER		ERWACHSENE		KINDER	
	RT I	RT II	RT I	RT II	RT I	RT II	RT I	RT II
alle Prädiktoren	53.5 %	69.3 %	40.9 %	61.7 %	52.5 %	71.5 %	32.1 %	61.0 %
red. Prädiktoren	52.1 %	67.9 %	37.5 %	56.8 %	51.1 %	65.6 %	23.8 %	52.5 %
Differenz	1.4 %	1.4 %	3.4 %	4.9 %	1.4 %	5.9 %	8.3 %	8.5 %

TABELLE 50: Aufklärbare Kriteriumsvarianzen bzgl. der sensomotorischen Lernleistung (Realisierungstest) bei Anwendung der verschiedenen Prädiktorensätze: Die erklärten Kriteriumsvarianzen bei der Reduktion des Prädiktorensatzes auf die jeweils signifikanten Prädiktoren liegen zwischen 1.4 % und 8.5 % unter den mit den insgesamt erhobenen Variablen und der eingesetzten Auswertungstechnik (Rechenprogramm und Rechnerkapazität) erreichbaren Ergebnissen. Diese Abweichungen sind insgesamt **nicht** als gravierend anzusehen.

FZ_T aufweist (Tab. 41 und Tab. 45). Unabhängig von der Betrachtungskomplexität hat also bei Kindern in der ersten Lernaufgabe die Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzzeitspeicher, in der zweiten Lernaufgabe der Anteil modalitätsspezifischer visueller Zuwendung zum Text möglicherweise einen positiven Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung (RT). Es kann hier nicht entschieden werden, ob beiden Komponenten die gleiche Ursache zugrunde liege, und es muß auch offenbleiben, ob die mittlere Blickdichte lediglich einen Indikator für den Einfluß von Zuflußgeschwindigkeit und Textzuwendung darstellt, oder ob sie darüber hinaus u. U. auch eine eigenständige Einflußgröße repräsentiert (s. dazu unten).

Die an Erwachsenen gewonnenen Ergebnisse der multiplen Korrelationen können allerdings als weiterer datenbasierter Beleg für den hier propagierten Interpretationsansatz vereinnahmt werden: Unabhängig von der Betrachtungskomplexität (also auch bei nur unimodaler Betrachtungsstrategie) fungiert in der ersten Lernaufgabe allein die Zuflußgeschwindigkeit C_K als signifikanter Prädiktor, in der zweiten Lernaufgabe dagegen (mit negativem Vorzeichen und komplementär zu FZ_T!) die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung, repräsentiert durch die auf die Bildkomponente entfallende Fixationszeit FZ_B. Bei Ausschluß der Probanden mit unimodaler Betrachtungsstrategie haben in der zweiten Lernaufgabe zusätzlich auch noch das Lebensalter (AL) und das kognitive Ausgangsniveau (BKAT I) signifikanten Anteil an der Kriteriumsvorhersage (vgl. Tab. 48).

Was für die 9- bis 14jährigen als mögliche Interpretation aus den Ergebnissen plausibel geschlossen werden kann, findet sich für die Gruppe der Erwachsenen unmittelbar empirisch bestätigt: Unabhängig von der Betrachtungskomplexität hat in der ersten Lernaufgabe die Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzzeitspeicher, in der zweiten Lernaufgabe dagegen der Anteil modalitätsspezifischer visueller Zuwendung (Prozeßeffekt!) einen signifikanten Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung (RT). Auch hier kann letztlich nicht entschieden werden, ob beiden Komponenten die gleiche Ursache zugrunde liegt, oder ob sie u. U. spezifische Unterschiede in der Aufgabencharakteristik der beiden sukzessiv zu durchlaufenden Lernaufgaben widerspiegeln.

Im Sinne eines Wirksamwerdens unterschiedlicher Aufgabencharakteristika und damit auch unterschiedlicher Funktionsmechanismen kognitiver Informationsverarbeitung (chunking- und retrieval-Vorgänge) könnte auch die bei Kindern durchgängig zu beobachtende Vorzeichenumkehr im Zusammenhang von mittlerer Blickdichte und RT-Leistung von der ersten zur zweiten Lernaufgabe (Prozeßef-

fekt!) gedeutet werden: Höhere Blickdichte bzw. größere Zuflußgeschwindigkeit korrespondieren möglicherweise einer in der ersten Lernaufgabe vorrangig geforderten raschen und möglichst vollständigen Informationsaufnahme (chunking); niedrigere Blickdichte (bei zugleich im Durchschnitt längeren Fixationen!) bzw. verstärkter Zugriff zur sprachlich-begrifflichen Repräsentationsebene dagegen korrespondieren möglicherweise einem in der zweiten Lernaufgabe vorrangig geforderten Vergleichen und verbinden neue Information mit dem aus dem Gedächtnis jeweils adäquat zu aktualisierenden Vorwissen aus der ersten Lernaufgabe (vgl. hierzu auch 2.3.4.1. und 2.3.4.2.). Das Erfordernis rascher, vielfältiger Merkmalsakkumulation würde hiernach abgelöst durch die Notwendigkeit zunehmender Vergleichs- Integrations- und Entscheidungsprozesse, die im Einzelfall (also auf das einzelne Merkmal bzw. die betreffende Fixation bezogen) zeitaufwendigere Such- und Klassifizierungsvorgänge bishin zur Auffindung kategorialer Oberbegriffs-Relationen einschließen.

Die Kurzspeicherkapazität scheint dabei in jedem Falle von Bedeutung zu sein. Dies zeigt einmal das wiederholte Signifikantwerden der entsprechenden Variablen im Zuge der multiplen und der schrittweisen multiplen Korrelationen (Tab. 46, Tab. 47, Tab. 48). Aber auch die bei Erwachsenen durchweg als relevanter Prädiktor fungierende Variable "Lebensalter" (LA) kann nicht nur als Ausdruck sinkender motorischer Realisierungsfähigkeit intendierter Bewegungskonzepte aufgefaßt werden (LA korreliert signifikant negativ mit der RT-Leistung, zeigt aber keinerlei Interkorrelationen mit der BKAT-Leistung); vielmehr enthält diese Variable auch Information über die Kurzzeitspeicherkapazität (durchweg signifikante negative Interkorrelation von AL und C_K!).

Zusammenfassend läßt sich also nach den Ergebnissen der multiplen und der schrittweisen multiplen Korrelation folgendes feststellen: Neben und unabhängig von regelrechten Lerntestergebnissen (BKAT bzw. sensomotorisches Voraussetzungsniveau RT I) kommt für beide Lernaufgaben und unabhängig von der globalen Betrachtungsstrategie der Probanden bei Kindern und Erwachsenen vor allem dem Blickverhalten, aber auch den KZS-Komponenten (bei Erwachsenen mit dem Lebensalter konfundiert) ein vergleichsweise geringer, aber durchaus konsistenter Beitrag zur Vorhersage der sensomotorischen Lernleistung (RT) zu. Dies gilt insbesondere dann, wenn Daten zur kognitiven Repräsentanz der auszuführenden Bewegung nicht zur Verfügung stehen. Im Hinblick auf die konkreten Merkmalsklassen des Blickverhaltens ist dabei bei Kindern in erster

Linie die modalitätsübergreifende mittlere Blickdichte von Bedeutung, für Erwachsene dagegen die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung. In Anbetracht der Konfundierung von Textzuwendung und mittlerer Fixationsdauer bei Kindern (positive Korrelation) kann darüber hinaus für beide Altersgruppen davon ausgegangen werden, daß bei zunehmender Anforderung an die Gedächtnisleistung (LA II) sich mit verstärkter visueller Zuwendung zur Textkomponente des Instruktionsmaterials zugleich auch die Realisierungsleistung (RT) tendenziell verbessert.

Die Prädiktorqualität der angesprochenen Variablenkomplexe ist dabei auf die Realisierungsleistung (RT) einzugrenzen. Wählt man dagegen die im BKAT operationalisierte kognitive Repräsentanz der auszuführenden Bewegung als Kriteriumsvariable, so fungieren lediglich in LA I bei Erwachsenen C_K bzw. FD_B als signifikante Prädiktoren, in LA II dagegen ist durchgängig in beiden Altersgruppen das sensomotorische (!) Ausgangsniveau (RT I) der einzig relevante Prädiktor (vgl. im einzelnen Tab. 51 und Tab. 52).

Bezogen auf die in 3.3. formulierten Arbeitshypothesen erlaubt die korrelationsstatistische Analyse der Daten folgende Einschätzung: Die in bezug auf zu erwartende Modalitätseffekte formulierte Hypothese zur Bedeutung des Zuwendungsausmaßes unter der Voraussetzung bimodaler Betrachtungsweise (Q) kann als grundsätzlich bestätigt gelten. (RT und FZ_B als signifikanter Prädiktor stehen unter allen Bedingungen ausnahmslos in negativem Zusammenhang, RT und FZ_T dagegen korrelieren durchweg positiv! FZ_B und FZ_T verhalten sich genau komplementär zueinander mit Korrelationen zwischen - .81, Erwachsene, bis - .95, Kinder). Eine Einschränkung ist allerdings insofern zu machen, als der zutreffend vorausgesagte positive Effekt einer verstärkten Textzuwendung auf die sensomotorische Lernleistung nicht, wie angenommen, hauptsächlich bei Kindern, sondern ganz im Gegenteil in erster Linie bei Erwachsenen greifbar wird (umgekehrter Alterseffekt!). Außerdem verlangen die Ergebnisse eine inhaltliche Präzisierung der Hypothese Q hinsichtlich der kognitiven Anforderungen, unter denen sie Gültigkeit besitzt, da die entsprechenden Effekte - wohlgemerkt unter der Voraussetzung ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie - erst mit der zweiten Lernaufgabe LA II in Erscheinung treten (vgl. auch Hypothese V; s. dazu unten).

Auch was die Effekte modalitätsübergreifender visueller Zuwendung angeht, kann die zur Blickdichte aufgestellte Hypothese (R) als grundsätzlich bestätigt angesehen werden. Auch hier allerdings ist insofern eine Einschränkung vorzuneh-

bimodale und unimodale Betrachter

Mult. Korr. Erwachsene **LA I** (N=64)
Krit. Var. **BKAT I**
Prädiktorenanzahl: vier
mult.r = .450; F = 3.760; $F_{krit.0.05}$ = 2.369
signifikante Prädiktoren:
Zuflußgeschw. C_K **

Mult. Korr. Erwachsene **LA II** (N=64)
Krit. Var. **BKAT II**
Prädiktorenanzahl: sieben
mult.r = .559; F = 3.653; $F_{krit.0.05}$ = 2.173
signifikante Prädiktoren:
sensomot. Ausgangsniv. RT I *

nur bimodale Betrachter

Mult. Korr. Erwachsene **LA I** (N=58)
Krit. Var. **BKAT I**
Prädiktorenanzahl: sieben
mult.r = .493; F = 2.298; $F_{krit.0.05}$ = 2.194
signifikante Prädiktoren:
modal.spez. Blickdichte FD_B *

Mult. Korr. Erwachsene **LA II** (N=53)
Krit. Var. **BKAT II**
Prädiktorenanzahl: neun
mult.r = .582; F = 2.450; $F_{krit.0.05}$ = 2.103
signifikante Prädiktoren:
sensomot. Ausgangsniv. RT I *

TABELLE 51: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die BKAT-Leistung bei **Erwachsenen**
(Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt)
(gewählt wurde jeweils die größtmögliche Prädiktorenanzahl, die noch zu einem signifikanten mult.r führt)

bimodale und unimodale Betrachter

Mult. Korr. Kinder **LA I** (N=56)
Krit. Var. **BKAT I**
Prädiktorenanzahl: sechs
mult.r = .168; F = .237; $F_{krit.0.05} = 2.284$
signifikante Prädiktoren:

Mult. Korr. Kinder **LA II** (N=56)
Krit. Var. **BKAT II**
Prädiktorenanzahl: acht
mult.r = .663; F = 4.623; $F_{krit.0.05} = 2.138$
signifikante Prädiktoren:
sensomot. Ausgangsniv. RT I **
kognit. Ausgangsniv. AT I *

nur bimodale Betrachter

Mult. Korr. Kinder **LA I** (N=49)
Krit. Var. **BKAT I**
Prädiktorenanzahl: sieben
mult.r = .344; F = .790; $F_{krit.0.05} = 2.238$
signifikante Prädiktoren:

Mult. Korr. Kinder **LA II** (N=40)
Krit. Var. **BKAT II**
Prädiktorenanzahl: neun
mult.r = .630; F = 2.208; $F_{krit.0.05} = 2.207$
signifikante Prädiktoren:
sensomot. Ausgangsniv. RT I *

TABELLE 52: Ergebnisse der multiplen Korrelation für die BKAT-Leistung bei **Kindern**
(Vpn unter den Präsentationsbedingungen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt)
(gewählt wurde jeweils die größtmögliche Prädiktorenanzahl, die noch zu einem signifikanten mult.r führt)

men, als der Zusammenhang von sensomotorischer Lernleistung und Blickdichte sich unmittelbar und umfassend (hier allerdings eindeutig) nur bei Kindern dokumentieren läßt (Alterseffekt!).

Was schließlich die erwarteten Prozeß- und Trade-Off-Effekte anbetrifft, so kann die auf das Zuwendungsausmaß bezogene Hypothese (V) für beide Altersgruppen als voll bestätigt gelten, sofern man bei Kindern die Konfundierung von FD und FZ_T bzw. FD_T in Rechnung stellt. Auch die zur Beziehung von Blickdichte und sensomotorischer Lernleistung aufgestellte Prozeßhypothese (W) ist, allerdings nur für die Altersgruppe der Kinder, bestätigt worden: Bei einer negativen Korrelation von FH und FD von ca. - .93 korrespondiert unter allen Betrachtungsbedingungen in der ersten Lernaufgabe eine abnehmende mittlere Fixationsdauer FD, in der zweiten eine zunehmende mittlere Fixationsdauer als signifikanter Prädiktor mit der sensomotorischen Realisierungsleistung bei Kindern. Etwas differenzierter dagegen sind die Ergebnisse zur Hypothese (X) zu bewerten, in welcher Voraussagen bezüglich einer Rangfolge in der Prädiktorfunktion der verschiedenen Blickverhaltensmerkmale (bzw. Merkmalsklassen) getroffen wurden: Zutreffend ist für beide Altersgruppen die Bedeutung der Betrachtungskomplexität als wichtigster Prädiktor der sensomotorischen Lernleistung veranschlagt worden (vgl. hierzu vor allem 5.3.1.); allerdings sind Voraussetzungsstärke und -richtung bei Erwachsenen, im Gegensatz zu Kindern, nicht so ausgeprägt und eindeutig festgelegt. Die zum Stellenwert der Betrachtungsabfolge formulierte Erwartung jedoch hat sich, wie auch alle anderen Hypothesen bezüglich dieses Blickverhaltensmerkmals und der daran geknüpften Überlegungen zur funktionalen Diskrepanz von Bild und Text, als völlig unzutreffend erwiesen. Diesem Merkmal kommt im Rahmen der vorgenommenen Berechnungen überhaupt keine statistisch relevante Bedeutung zu. Richtig wiederum ist dagegen (zumindest für die Altersgruppe der Kinder) die Einschätzung der quantitativen Blickverhaltensmerkmale (Blickdichte und modalitätsspezifisches Zuwendungsausmaß) als zwar relevanter, gegenüber den qualitativen Blickverhaltensmerkmalen jedoch deutlich nachgeordneter Prädiktoren der sensomotorischen Lernleistung gewesen. Auch hat sich die Erwartung von Interaktionseffekten der verschiedenen Blickverhaltensmerkmale und der Kurzspeicher-Variablen bestätigt; Die hierzu erbrachten Daten erlauben nunmehr, über die Hypothese (X) hinausgehend, eine klare altersspezifische Zuweisung im Stellenwert der modalitätsübergreifenden und der modalitätsspezifischen quantitativen Blickverhaltenskomponenten: erstere fungieren als relevante Prädiktoren der sensomotorischen Lernleistung vor allem bei Kindern, letztere eher bei

Erwachsenen.

Insgesamt ist jedoch damit auch deutlich geworden, daß die erhobenen Blickverhaltensmerkmale weder unmittelbar, noch in ihrer Funktion als Lernleistungsprädiktoren, inhaltlich und theoretisch von bestimmten funktionellen Komponenten fluider Intelligenz getrennt werden können. Dieser Aspekt soll daher im folgenden Kapitel (5.4.) noch einmal aufgegriffen werden. Vor allem die modalitätsübergreifenden Komponenten der mittleren Blickdichte FH und FD stehen in der Altersgruppe der 9- bis 14jährigen augenscheinlich in enger Beziehung zur Zuflußgeschwindigkeit C_K. Jedoch bieten die quantitativen Ausprägungen des Blickmusters als Korrelat der aufgabenspezifischen Informationsaufnahme in beiden Altersgruppen gegenüber den KZS-Komponenten als Korrelat der aufgabenunspezifischen, fluiden Intelligenz eindeutig die bessere Grundlage zur Vorausschätzung der sensomotorischen Lernleistung; dies gilt insbesondere für die zweite Lernaufgabe, reflektiert also an den spezifischen Informationsverarbeitungsprozeß gebundene Vorgänge und Anforderungen. Sowohl derartige Prozeßeffekte, als auch die verschiedenen Alterseffekte (so vor allem die altersgruppenspezifisch verschiedene Prädiktorqualität modalitätsübergreifender bzw. modalitätsspezifischer Blickverhaltensmerkmale) stützen dabei die in 2.3.4.2., 2.4.3. und 2.4.4. vertretene Auffassung, nach der das Blickverhalten den aktuellen Einsatz prozeß- und aufgabenangemessener Strategien der Informationsaufnahme und -verarbeitung und deren entwicklungsbedingte Veränderungen widerspiegelt.

5.4. Zum Stellenwert der Kurzspeicherkapazität für das visuo-motorische Lernen

Dem Kurzzeitgedächtnis als dem modelltheoretischen Ort selegierender und integrierender Funktionen im Prozeß der Informationsaufnahme und -verarbeitung ist in der vorliegenden Arbeit von vornherein ein hoher theoretischer Stellenwert eingeräumt worden (vgl. u.a. 2.3.4.1.). Von Bedeutung erschien dabei vor allem unter altersdifferentiellen Gesichtspunkten die Ausbildung bzw. Akzentverschiebung spezifischer kognitiver "Operatoren" als Ausdruck zunehmender kognitiver Komplexität (vgl.2.4.2.).

Als ein im Rahmen der Problemstellung dieser Arbeit angemessenes Korrelat zur Einschätzung des Wirkungsgrades jener Faktoren wurde aus angegebenen Gründen (vgl. 2.4.3.) die formale Kurzspeicherkapazität herangezogen (vgl. 4.4.4.).

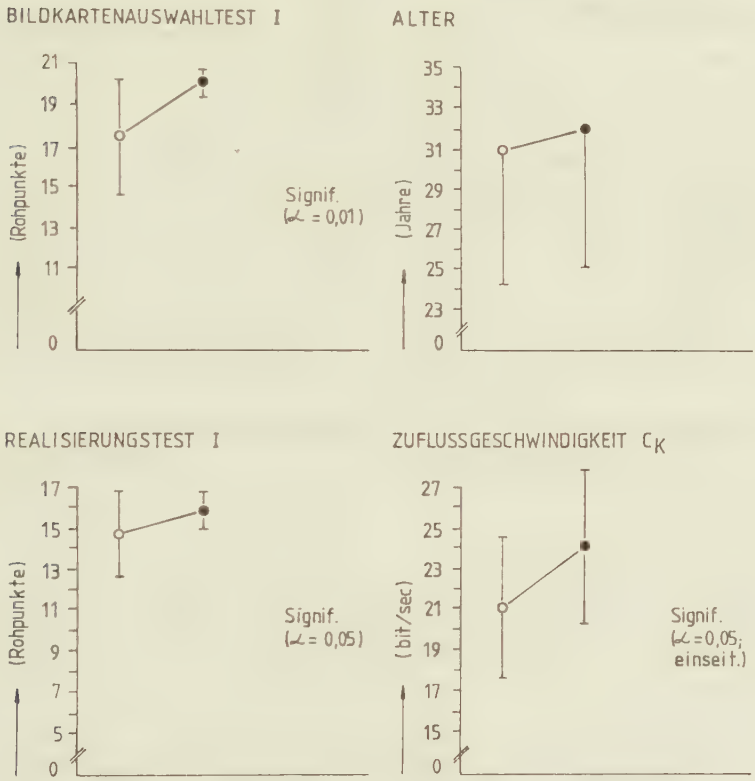
In der Tat hat die korrelationsstatistische Bearbeitung der Experimentaldaten gezeigt (vgl. 5.3.2.), daß in der ersten Lernaufgabe (LA I) die Zuflußgeschwindigkeit C_K als Unterkomponente der Kurzzeitspeicherkapazität bei Erwachsenen in direktem, statistisch bedeutsamen Zusammenhang mit der Lernleistung steht (BKAT und RT; vgl. Tab. 48 und Tab. 51) und auch in der zweiten Lernaufgabe (LA II) sowohl unmittelbar (vgl. Tab. 46) als auch mittelbar (Interkorrelation von C_K und Lernalter AL!) als Einflußgröße in Rechnung zu stellen ist.

Auch bei Kindern ist das Konstrukt der KZS-Kapazität als primäre Einflußgröße sowohl auf die sensomotorische Lernleistung als auch auf die Struktur des Blickmusters ausgewiesen. So treten Zuflußgeschwindigkeit C_K und Gegenwartsdauer T bei vollständiger Abarbeitung der schrittweisen multiplen Korrelation bei Kindern mit ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie) in Erscheinung. Auch sind Betrachtungskomplexität, modalitätsspezifische visuelle Zuwendung und modalitätsübergreifende mittlere Blickdichte bei Kindern möglicherweise mit der Zuflußgeschwindigkeit C_K in Verbindung zu bringen (vgl. diesbezügl. Interkorrelationen in Tab. 40 und Tab. 44 sowie die Ausführungen in 5.3.2.).

Besonders augenfällig erscheint dieser Zusammenhang bei der Betrachtungskomplexität. In erster Linie bei Kindern zeigen sich in beiden Lernaufgaben deutliche Parallelen in der Entscheidung für eine bimodale im Gegensatz zu einer unimodalen Betrachtungsstrategie einerseits und in entsprechenden Unterschieden im Lebensalter und in der Zuflußgeschwindigkeit andererseits, die jeweils mit signifikanten Differenzen in der sensomotorischen Lernleistung einhergehen; dies betrifft sowohl die aktuelle Bewegungsvorstellung (BKAT) als auch die Bewegungsausführung (RT; vgl. Abb. 31 und Abb. 32; zur Prüfstatistik vgl. die Angaben in 5.3.1.).

) als signifikante Prädiktoren der RT-Leistung in LA II

Erwachsene LA I



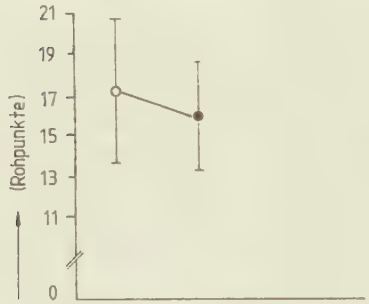
○ Vpn mit biomodaler Betrachtungsstrategie (N = 58)

● Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie (N = 6)

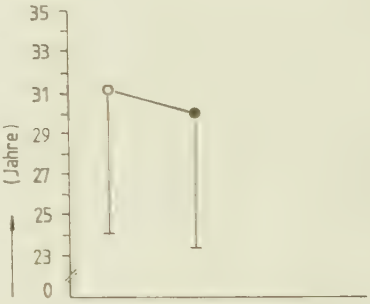
Abb. 29: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Erwachsene, LA I)

Erwachsene LA II

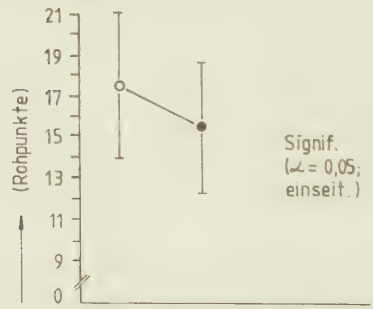
BILDKARTENAUSWAHLTEST II



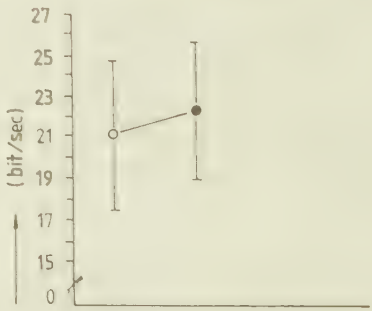
ALTER



REALISIERUNGSTEST II



ZUFLUSSGESCHWINDIGKEIT C_K



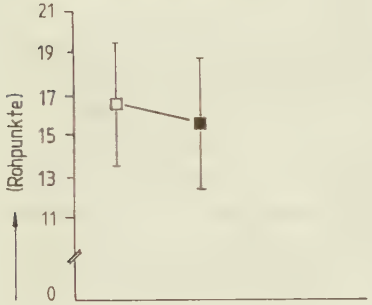
○ Vpn mit biomodaler Betrachtungsstrategie (N = 53)

● Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie (N = 11)

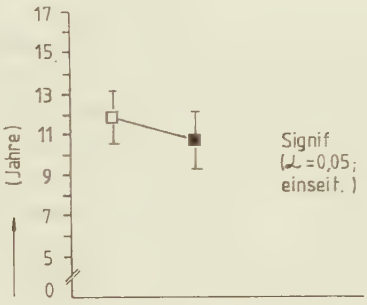
Abb. 30: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Erwachsene, LA II)

Kinder LA I

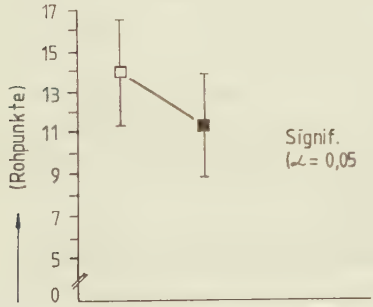
BILDKARTENAUSWAHLTEST I



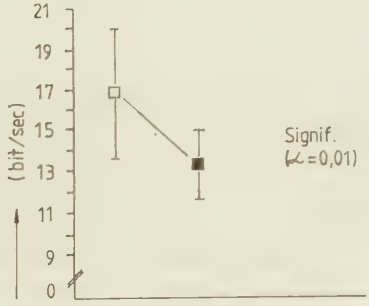
ALTER



REALISIERUNGSTEST I



ZUFLUSSGESCHWINDIGKEIT C_K



□ Vpn mit biomodaler Betrachtungsstrategie (N = 49)

■ Vpn mit unimodaler Betrachtungsstrategie (nur Bild ; N = 7)

Abb. 31: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Kinder, LA I)

Kinder LA II

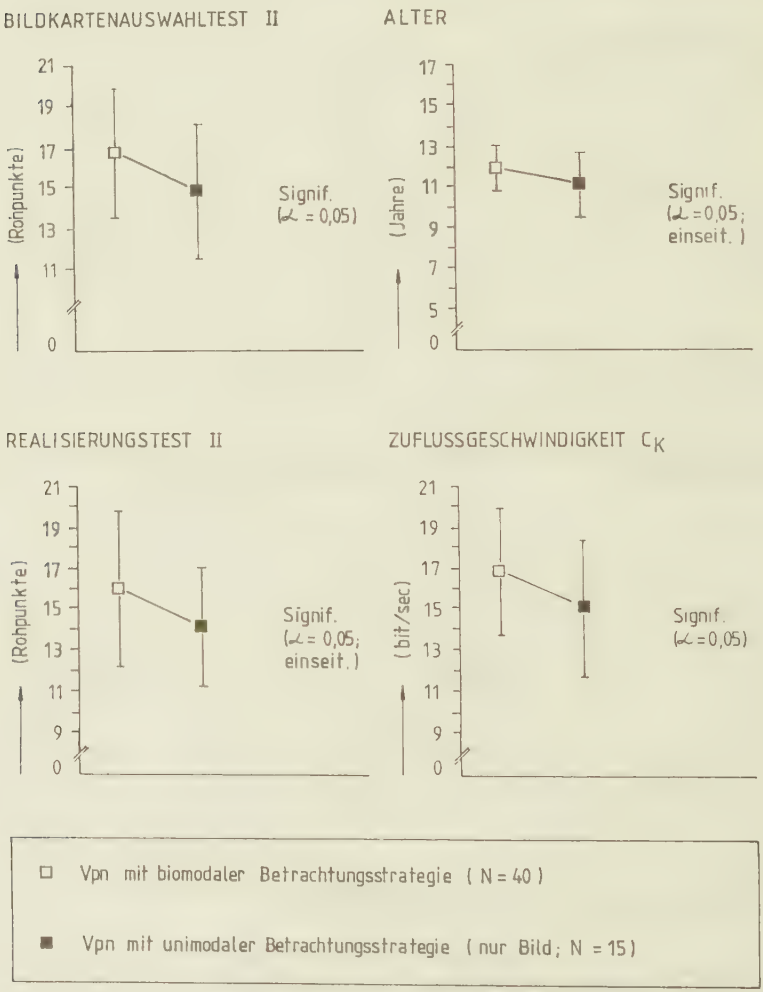


Abb. 32: Beziehung von Lernleistung, Blickverhalten, Alter und Zuflußgeschwindigkeit (Kinder, LA II)

Liegt es bei Kindern nahe, die Wahl der Betrachtungsstrategie und zumindest partiell auch die Lern-leistungsunterschiede selbst auf die mit dem Lebensalter (Beschulungszeitraum!) konfundierte Entwicklung der Lesefähigkeit und eine allgemeine Zunahme der KZS-Kapazität zu beziehen (vgl. die hohen Interkorrelationen von Alter und KZS-Komponenten in Tab. 40, Tab. 41, Tab. 44 und Tab. 45), so ist bei Erwachsenen wohl ein anderer Interpretationsansatz zu wählen:

Auch hier geht die Wahl einer bestimmten Betrachtungsstrategie in beiden Lernaufgaben mit einem entsprechenden C_K -Niveau einher (vgl. Abb. 29 und Abb. 30; zur Prüfstatistik vgl. die Angaben in 5.3.1.). Im Gegensatz zu den 9 bis 14jährigen sind es nun aber die Vpn mit der im Mittel größeren Zuflußgeschwindigkeit, die lediglich auf eine einzige Informationsmodalität (auch hier vorwiegend die Bildkomponente) rekurrieren. Ihre mittlere Lernleistung korrespondiert jedoch keineswegs mehr mit dem entsprechenden C_K -Niveau: Betrachtungsstrategie und KZS-Kapazität scheinen in ihrer Beziehung zur Lernleistung gewissermaßen "entkoppelt", denn in der zweiten Lernaufgabe (vgl. Abb. 30) erzielen Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie trotz niedrigerer C_K -Werte gegenüber unimodal orientierten Betrachtern signifikant bessere Lernergebnisse. Auch zeigt sich keine konsistente Parallele mehr zum Lebensalter.

Anders als bei Kindern kann daher für Erwachsene ein plausibler Erklärungsansatz für augenfällige Parallelitäten von Betrachtungsstrategie und KZS-Kapazität nicht offeriert werden. Nicht zuletzt deswegen sollte auch der in der Korrelationsstatistik ausgewiesene allgemeine Zusammenhang von Zuflußgeschwindigkeit C_K und sensomotorischer Lernleistung (unabhängig von der Betrachtungskomplexität nur in LA I!) hier nur unter dem Vorbehalt einer Replikation dieses Befundes bewertet werden. Eine solche Replikation müßte noch klarer als bisher zeigen (etwa durch exakte Parallelisierung der Vpn nach ihrer KZS-Leistung), daß unabhängig von der Behaltenswirksamkeit unterschiedlicher Präsentationsbedingungen der KZS-Kapazität (bzw. deren Unterkomponenten) ein eigenständiger Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung zugeschrieben werden kann.

Ein solches Vorhaben erscheint durchaus vielversprechend, wenn man die Interkorrelationstabellen derjenigen Versuchsgruppen in die Betrachtung

einbezieht, die in der vorliegenden Untersuchung von vornherein mit unimodalem Präsentationsmaterial (entweder "Nur Bild" oder "Nur Text") bedacht worden sind (vgl. Tab. 53 bis Tab. 60): Die KZS-Komponenten (insbesondere C_K!) korrelieren bei Kindern durchweg, bei Erwachsenen jeweils in LA II in der Größenordnung von .30 bis .40 mit der jeweiligen Realisierungstest-Leistung (RT I bzw. RT II).

In den für jede dieser Versuchsgruppen jeweils für jede der beiden Lernaufgaben berechneten multiplen Korrelationen mit der BKAT- bzw. der RT-Leistung als Kriteriumsvariable erscheint C_K jedoch nur bei Erwachsenen unter der Präsentationsbedingung "Nur Text" in LA II neben Alter und aktueller Bewegungsvorstellung BKAT II als signifikanter Prädiktor. Die entscheidende Prädiktorfunktion kommt dagegen in allen anderen Fällen allein der aktuellen Bewegungsvorstellung (BKAT I; jeweils in LA I) bzw. dem sensomotorischen Ausgangsniveau zu (RT I; jeweils in LA II). Dies ändert sich auch nicht, wenn man in beiden Lernaufgaben jeweils die aktuelle Bewegungsvorstellung aus dem Prädiktorpool herausnimmt. Bei der Beurteilung dieses Befundes sind allerdings die für das Verfahren der multiplen Korrelation in allen diesen Fällen doch recht kleinen Stichprobengrößen in Rechnung zu stellen.

Bezogen auf die sensomotorische Lernleistung (RT) als Kriterium führen die multiplen Korrelationen bei vollständigen Prädiktorensätzen im übrigen (mit einer Ausnahme: Erwachsene, "Nur Text", LA I) durchweg zu signifikanten Ergebnissen (Erw. NB, mult. $r_{LA\ I}$= .54, mult. $r_{LA\ II}$= .84; Erw. NT, mult. $r_{LA\ I}$= .43, mult. $r_{LA\ II}$= .88; Kind. NB, mult. $r_{LA\ I}$= .78, mult. $r_{LA\ II}$= .75; Kind. NT, mult. $r_{LA\ I}$= .76, mult. $r_{LA\ II}$= .86).

Bemerkenswert ist auch hier wiederum bei Kindern die trotz des relativ geringen Altersspektrums beträchtliche Korrelation von Lebensalter und Zuflußgeschwindigkeit C_K (r_{xy} durchweg zwischen .49 und .67).

Im Hinblick auf die unter 3.4. formulierte Hypothese (Y) kann die Annahme eines altersbegleitenden, jeweils eigenständigen Einflusses der formalen KZS-Kapazität auf die sensomotorische Lernleistung bei Kindern und Erwachsenen alles in allem als bestätigt angesehen werden. Bei künftigen

ERWACHSENE, LA I (N = 29)

	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT I	.498**	.257	.190	.227	-.247
BKAT I		.187	.031	.241	-.242
K			.771**	.858**	.021
C_K				.341	-.118
T					.143

$r_{0.05;27} = .364$ $r_{0.01;27} = .471$

TABELLE 53: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"**

ERWACHSENE, LA II (N = 29)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT II	.589**	.759**	.501**	.386*	.359	.291	-.299
BKAT II		.504**	.189	.458*	.369*	.382*	-.072
RT I			.498**	.257	.190	.227	-.247
BKAT I				.187	.031	.241	-.242
K					.771**	.858**	.021
C_K						.341	-.118
T							.143

$r_{0.05;27} = .364$ $r_{0.01;27} = .471$

TABELLE 54: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"**

ERWACHSENE, LA I (N = 31)

	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT I	.364*	-.000	-.041	.029	.216
BKAT I		.166	.025	.195	-.018
K			.823**	.738**	-.019
C_K				.234	-.124
T					.139

$r_{0.05;29} = .355$ $r_{0.01;29} = .456$

TABELLE 55: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**

ERWACHSENE, LA II (N = 31)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT II	.665**	.487**	.330	.264	.330	.019	.092
BKAT II		.503**	.148	-.034	-.036	-.046	.066
RT I			.364*	-.000	-.041	.029	.216
BKAT I				.166	.025	.195	-.018
K					.823**	.738**	-.019
C_K						.234	-.124
T							.139

$r_{0.05;29} = .355$ $r_{0.01;29} = .456$

TABELLE 56: Korrelationsmatrix **Erwachsene (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**

KINDER, LA I (N = 22)

	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT I	.727**	.271	.290	.133	.422(!)
BKAT I		.397	.396	.219	.328
K			.917**	.727**	.697**
C_K				.411	.672**
T					.5376**

$r_{0.05;20} = .423$ $r_{0.01;20} = .537$

TABELLE 57: Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"**

KINDER, LA II (N = 22)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT II	.364	.598**	.455*	.156	.324	-.168	.329
BKAT II		.155	.470*	-.037	.032	-.099	.160
RT I			.727**	.271	.290	.133	.422
BKAT I				.397	.396	.219	.328
K					.917**	.727**	.697**
C_K						.411	.672**
T							.537**

$r_{0.05;20} = .423$ $r_{0.01;20} = .537$

TABELLE 58: Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Bild"**

K I N D E R, L A I (N = 22)

	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT I	.670**	.417(!)	.356	.333	.409(!)
BKAT I		.288	.305	.127	.148
K			.899**	.721**	.470*
C_K				.354	.494*
T					.245

$r_{0.05;20} = .423$ $r_{0.01;20} = .537$

TABELLE 59: Korrelationsmatrix **Kinder (LA I)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**

K I N D E R, L A II (N = 22)

	BKAT II	RT I	BKAT I	K	C_K	T	AL
RT II	.259	.836**	.578**	.345	.330	.251	.299
BKAT II		.268	.506*	.332	.427*	.019	-.029
RT I			.670**	.417	.356	.333	.409
BKAT I				.288	.305	.127	.148
K					.899**	.721**	.470*
C_K						.354	.494*
T							245

$r_{0.05;20} = .423$ $r_{0.01;20} = .537$

TABELLE 60: Korrelationsmatrix **Kinder (LA II)**, Präsentationsbedingung **"Nur Text"**

Replikationsversuchen ist jedoch auf eine deutliche Entkoppelung von KZS-Kapazität und visueller Informationsaufnahme bei der Beurteilung ihres jeweils eigenständigen Anteils an der Lernleistungsvarianz zu dringen.

5.5. Datenspezifische und meßmethodische Randbedingungen der statistischen Analyse

Im nun folgenden Kapitel werden einige Angaben zur Charakterisierung der Personenstichproben bzgl. der an ihnen erhobenen Variablen (5.5.1.), zur Validität des Bildkartenauswahltests (5.5.2.), zur Auswertungsobjektivität der Blickverhaltens- und Realisierungtestergebnisse (5.5.3.), und zum Einfluß experimenteller Randbedingungen auf die Untersuchungsergebnisse gemacht (5.5.5.).

5.5.1. Zur datenspezifischen Charakterisierung der Personenstichproben

Wenn auch die eingesetzte Korrelationsstatistik weitgehend frei von Verteilungsvoraussetzungen ist und sich das Verfahren der Varianzanalyse als ausgesprochen robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilungsanforderung und der Bedingung der Varianzhomogenität erweist, so sollen doch zu diesen Punkten allein schon zum besseren analytischen Verständnis der benutzten Datenerhebungsverfahren einige Angaben gemacht werden. Dies ist insbesondere unter altersdifferentiellen Gesichtspunkten von Interesse.

Neben Gruppenmittelwerten und den zugehörigen Streuungsangaben ist hier in erster Linie die Normalverteilungsannahme von Interesse. Über die entsprechenden Parameter in den jeweiligen Grundgesamtheiten ist nichts bekannt. Um hier also nicht allzu rasch Stichprobenverzerrungen aufzusitzen, die vor allem angesichts der nur in bestimmten Klassenbreiten

anfallenden Daten (BKAT; RT) bei kleinen Stichprobenumfängen leicht wirksam werden können, wurde zunächst auf die Gesamtstichprobe einer jeden Altersgruppe (Kinder bzw. Erwachsene) abgestellt. Daneben wurden entsprechend den varianzanalytisch gewonnenen Lerntestergebnissen (vgl.5.2.) und gemäß dem koorelationsstatistischen Ansatz (vgl. 5.3.2.) in jeder Altersgruppe zwei Teilstichproben untersucht, die sich einerseits aus der Zusammenfassung aller Vpn unter bimodalen Präsentationsbedingungen (also "Bild/Text" und "Text/Bild"), andererseits aus der gemeinsamen Betrachtung aller Vpn unter unimodalen Präsentationsbedingungen (also "Nur Bild" und "Nur Text") ergeben.

Geprüft wurde jeweils die Übereinstimmung einer über die durch das jeweilige Erhebungsverfahren vorgegebenen Klassifizierungsintervalle berechneten theoretischen Normalverteilung mit der empirischen Verteilung der Daten. Je nach betrachteter Variable und Teilstichprobe wurden die Daten in fünf bis zehn Intervallen klassifiziert. Als Prüfgröße diente χ^2. Von Interesse ist in diesem Falle die Beibehaltung der statistischen Nullhypothese. Da jedoch die statistische Sicherheit des Schlusses auf die Nullhypothese bedeutend geringer sein kann als das Komplementäre zu der jeweiligen Irrtumswahrscheinlichkeit, die ihrer Annahme zugrundegelegt wird, ist in Unkenntnis des β- Fehlers die Irrtumswahrscheinlichkeit möglichst groß anzusetzen. Nach LIENERT (1962) ist eine Irrtumswahrscheinlichkeit von mindestens 5 % unerläßlich, um bei Annahme der Nullhypothese, eine Variable sei in der Grundgesamtheit normal verteilt, im Weiteren ein Prüfverfahren zu verwenden, welches die Normalverteilung voraussetzt. Generell stuft er die Anpassung einer empirischen an die theoretische Verteilung als "gut" ein bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit $>.50$, als "mäßig", wenn sich die Überschreitungswahrscheinlichkeit zwischen .20 und .50, und als "schwach", wenn sie sich zwischen .05 und .19 bewegt. Verfahren wurde im einzelnen wie bei CLAUSS/EBNER (1971, S. 202 f) beschrieben.

Die Ergebnisse der Prüfung auf Normalverteilung der Daten sind in Gestalt der Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Übersicht in Tab. 61 zu entnehmen. Die den empirischen Verteilungen entsprechenden Mittelwerte und Streuungen sind in Tab. 62 ausgewiesen. Hervorzuheben ist die weitgehende Normalverteilung der Lernleistungsdaten bei Kindern, sowohl den

Variable	Lern-aufgabe	KINDER			ERWACHSENE		
		Gesamtstichprobe N = 100	bimodale Präs.Bed. N = 56	unimodale Präs.Bed. N = 44	Gesamtstichprobe N = 120	bimodale Präs.Bed. N = 64	unimodale Präs.Bed. N = 60
Alter	AL	-	-	-	(.095)	-	-
Kurzzeitspeicher	K	(.06)	-	.76	.36	.67	.51
Zuflußgeschw.	C_K	-	-	(.08)	.23	.30	.68
		e		e	e		e
Fixationsdauer	FD I	n	-	n	n	.41	n
(modal.übergr.)	FD II	t	-	t	t	.72	t
Fixationshäufigkeit	FH I	f	.25	f	f	.39	f
(modal.übergr.)	FH II	ä	.57	ä	ä	.41	ä
Fixationszeit Bild	FZ_B I	l	.83	l	l	-	l
(modal.spez.)	FZ_B II	l	.47	l	l	-	l
		t		t	t		t
Bildkarten-	BKAT I	.24	(.15)	.70	-	-	-
auswahltest	BKAT II	-	(.19)	.26	-	-	(.09)
Realisierungs-	RT I	(.09)	(.05)	.81	-	-	-
test	RT II	(.08)	(.12)	.63	-	-	-

TABELLE 61: Ergebnisse der Prüfung auf Vorliegen von Normalverteilungen (alle Präsentationsbedingungen); angegeben sind interpolierte Überschreitungswahrscheinlichkeiten (=Irrtumswahrscheinlichkeit bei Ablehnung der Nullhypothese, nach welcher die jeweilige empirische sich nicht von der theoretisch ermittelten Normalverteilung unterscheidet); keine Angaben = Überschreitungswahrscheinlichkeit < .05; Angaben in () = nur schwache Anpassung an Normalverteilung

Variable		Lern-aufgabe	KINDER Gesamtstichprobe N = 100	KINDER bimodale Präs.Bed. N = 56	KINDER unimodale Präs.Bed. N = 44	ERWACHSENE Gesamtstichprobe N = 120	ERWACHSENE bimodale Präs.Bed. N = 64	ERWACHSENE unimodale Präs.Bed. N = 60
Alter (Jahre)	AL		11.5 (1.3)	11.7 (1.3)	11.2 (1.3)	29.6 (7.1)	31.0 (6.8)	28.1 (7.2)
Kurzzeitspeicher (bit)	K		94.0 (28.8)	97.4 (32.1)	89.7 (23.3)	143.2 (31.7)	142.9 (34.5)	143.9 (28.4)
Zuflußgeschw. (bit/sec)	C_K		15.98 (3.2)	16.3 (3.2)	15.5 (3.1)	21.6 (3.2)	21.3 (3.7)	21.9 (2.6)
Fixationsdauer (msec)	FD	I	e n t f	144 (26)	e n t f	e n t f	123 (24)	e n t f
	FD	II		150 (26)			129 (26)	
Fixationshäufigkeit	FH	I	ä l l t	56.9 (9.2) 54.3 (8.1)	ä l l t	ä l l t	62.0 (10.7) 59.1 (8.8)	ä l l t
	FH	II						
Fixationszeit Bild (sec)	FZ_B	I		4.8 (1.5)			3.9 (1.6)	
	FZ_B	II		4.9 (2.1)			3.8 (1.7)	
Bildkarten-auswahltest (Rohpunkte)	BKAT	I	16.1 (2.9)	16.4 (3.0)	15.6 (2.7)	17.7 (3.0)	17.9 (2.8)	17.5 (3.3)
	BKAT	II	15.96 (3.2)	16.2 (3.3)	15.6 (2.9)	17.2 (3.3)	17.1 (3.5)	17.5 (3.1)
Realisierungs-test (Rohpunkte)	RT	I	12.5 (3.2)	13.6 (2.8)	10.97 (3.1)	14.7 (2.3)	14.8 (2.0)	14.5 (2.5)
	RT	II	14.4 (3.9)	15.5 (3.7)	12.9 (3.6)	17.3 (3.6)	17.2 (3.6)	17.4 (3.6)

TABELLE 62: Mittelwerte und Streuungen (in Klammern) der auf Normalverteilung überprüften Teilstichproben (alle Präsentationsbedingungen)

Bildkartenauswahltest, als auch den Realisierungstest betreffend. Offensichtlich spiegeln beide Testverfahren unter der Voraussetzung angemessener Aufgabenschwierigkeit das in einer Zufallsstichprobe üblicherweise zu erwartende aufgabenspezifische Fähigkeitsspektrum wider. Bei Erwachsenen tritt allerdings durchweg ein deutlicher Deckeneffekt in Erscheinung: alle empirischen Verteilungen der Lernleistungsdaten sind stark rechtsschief; die Aufgabe ist für diese Altersgruppe zu leicht. Ebenfalls ermutigend ist die weitgehende Normalverteilung der Blickverhaltensdaten in beiden Altersgruppen. Dies gilt ohne jede Ausnahme für die modalitätsübergreifende Blickdichte, repräsentiert durch die Fixationshäufigkeit (die Fixationsdauer zeigt bei Kindern, wohl aufgrund der gewählten Klassenbreiten, eine sehr schmalgipflige empirische Verteilung). Ist die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung zu Bild respektive Text bei Kindern noch normal verteilt, zeigen Erwachsene insgesamt eine deutliche Textpräferenz: die empirischen Verteilungen der auf die Bildkomponente entfallenden Fixationszeit sind stark nach links, also zum niedrigen Wertebereich hin verschoben. Während schließlich die Erwachsenenstichporbe durchweg normalverteilte KZS - Werte aufweist, zeigt die empirische Häufigkeitsverteilung bei Kindern einen zweiten, etwas niedrigeren Gipfel im oberen Wertebereich der Zuflußgeschwindigkeit C_K. Im Altersspektrum der Kinderstichprobe sind einerseits die Randbereiche der Verteilung nicht mehr hinreichend besetzt, andererseits ist der Schwerpunkt der empirischen Verteilungen nach rechts in den hohen Wertebereich verschoben.

Nun zeigen allerdings die in 5.1., 5.3. und 5.4. dargestellten Ergebnisse, daß sich die mit bimodalem Präsentationsmaterial versehenen Versuchsgruppen jeweils nochmals unter dem Gesichtspunkt der Betrachtungskomplexität und korrespondierenden KZS- und Lernleistungsunterschieden untergliedern lassen. Die Korrelationsstatistik wurde daher insbesondere in der Bewertung des Blickverhaltens parallel immer auch auf die großen Teilstichproben an Vpn abgestellt, die unter bimodalen Präsentationsbedingungen auch tatsächlich eine bimodale Betrachtungsstrategie anwenden. Es liegt nahe, daß diese Teilstichproben in vieler Hinsicht homogenere Datensätze aufweisen als die jeweiligen altersspezifischen Gesamtstichproben. Auch hier wurden die Verteilungsvoraussetzungen nach dem angegebenen Verfahren überprüft. Die Ergebnisse (Überschreitungswahrscheinlichkeiten)

Variable		KINDER bimodale Präs.Bed., nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie		ERWACHSENE bimodale Präs.Bed., nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie	
		LA I (N=49)	LA II (N=40)	LA I (N=58)	LA II (N=53)
Alter	AL	-	-	(.08)	(.08)
Kurzzeitspeicher	K	(.095)	.21	.24	.47
Zuflußgeschw.	C_K	-	-	.21	.38
Fixationsdauer (modal.übergr.)	FD	(.065)	(.06)	.31	.94
Fixationshäufigkeit (modal.übergr.)	FH	.25	.40	.38	.30
Fixationszeit Bild (modal.spez.)	FZ_B	.55	.39	(.14)	(.07)
Fixationszeit Text (modal.spez.)	FZ_T	(.19)	.86	-	.21
Fixationsdauer Bild (modal.spez.)	FD_B	(.09)	.24	.24	(.095)
Fixationsdauer Text (modal.spez.)	FD_T	-	.61	(.19)	(.10)
Bildkartenauswahltest	BKAT	(.14)	(.15)	-	-
Realisierungstest	RT	-	.54	-	-

TABELLE 63: Ergebnisse der Prüfung auf Vorliegen von Normalverteilungen (nur bimodale Präsentationsbedingungen); angegeben sind interpolierte Überschreitungswahrscheinlichkeiten (=Irrtumswahrscheinlichkeit bei Ablehnung der Nullhypothese, nach welcher die jeweilige empirische sich nicht von der theoretisch ermittelten Normalverteilung unterscheidet); keine Angaben ≙ Überschreitungswahrscheinlichkeit < .05; Angaben in () ≙ nur schwache Anpassung an Normalverteilung

Variable		KINDER bimodale Präs.Bed.; nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrat.				ERWACHSENE bimodale Präs.Bed.; nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrat.			
		LA I (N=49)		LA II (N=40)		LA I (N=58)		LA II (N=53)	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Alter (Jahre)	AL	11.9	1.3	11.9	1.2	30.9	6.8	31.2	6.8
Kurzzeitspeicher (bit)	K	100.9	32.4	100.7	31.7	138.8	31.4	140.7	34.7
Zuflußgeschw. (bit/sec)	C_K	16.8	3.1	16.85	3.1	21.0	3.5	21.1	3.7
Fixationsdauer (msec)	FD	143	27	151	24	125	25	131	27
Fixationshäufigkeit	FH	57.2	9.4	53.97	7.8	61.5	10.6	58.5	8.6
Fixationszeit Bild (sec)	FZ_B	4.4	1.2	4.0	1.3	3.6	1.3	3.4	1.2
Fixationszeit Text (sec)	FZ_T	3.5	1.2	3.8	1.3	3.7	1.3	3.9	1.2
Fixationsdauer Bild (msec)	FD_B	144	32	149	35	131	30	127	29
Fixationsdauer Text (msec)	FD_T	147	35	157	30	126	38	135	32
Bildkartenauswahltest	BKAT	16.5	3.0	16.8	3.2	17.7	2.8	17.2	3.7
Realisierungstest	RT	13.9	2.6	16.0	3.8	14.7	2.1	17.6	3.6

TABELLE 64: Mittelwerte und Streuungen der auf Normalverteilung überprüften Teilstichproben (nur bimodale Präsentationsbedingungen und nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie)

sind der Übersicht in Tab. 63 zu entnehmen. Die entsprechenden Mittelwerte sind in Tab. 64 aufgeführt. Die Befunde zum Alter und zur Lernleistung bleiben hiernach im Wesentlichen unverändert; lediglich in LA I, RT, zeichnet sich auch bei den (im Verhältnis zur Gesamtstichprobe älteren und "lesefähigeren" oder "intelligenteren") Kindern ein Deckeneffekt ab. Die KZS-Kapazität erweist sich nunmehr durchweg als normalverteilt: allein C_K zeigt bei Kindern noch eine linksschiefe Verteilung. Bemerkenswert ist hingegen die Tatsache, daß sämtliche erhobenen Blickverhaltensmerkmale nunmehr in beiden Altersgruppen normalverteilt erscheinen.

Neben den Verteilungsvoraussetzungen interessiert natürlich, ob die den einzelnen Treatmentstufen des varianzanalytischen Designs zugewiesenen Untersuchungsgruppen einer jeden Altersstufe innerhalb derselben auch tatsächlich als vergleichbar betrachtet werden können. Gemäß dem ursprünglich festgesetzten Kriterium (vgl. 4.3.) sollten sich die einzelnen Treatmentstufen in jeder Altergruppe hinsichtlich der zentralen Tendenz der KZS-Werte nicht unterscheiden. In bezug auf das Alter wurden bei der Vpn-Zuweisung lediglich die entsprechenden Schwellenwerte (9 bzw. 14 Jahre bei Kindern; 18 Jahre bei Erwachsenen) berücksichtigt.

Bzgl. beider personspezifischen Variablen wurden in beiden Altersgruppen über jeweils alle Treatmentstufen Varianzanalysen berechnet, um in etwa die Größenordnung der noch bestehenden Unterschiede abschätzen zu können. So ergab sich u.a. für die KZS-Kapazität (K) bei Kindern mit $F = 1.17$, $df = 3/96$, eine Überschreitungswahrscheinlichkeit $> .25$; d.h. die einzelnen Treatmentstufen können hinsichtlich ihrer KZS-Werte als ähnlich bezeichnet werden. Die ebenfalls berechneten Kontraste (t-Test) bestätigten durchweg diese Einschätzung. Bei Erwachsenen waren die auf die KZS - Kapazität bezogenen Ergebnisse entsprechend. Die gleichen Resultate ergaben sich jeweils für die Unterkomponenten C_K und T sowie für den Vergleich der Vpn-Gruppen mit ausschließlich bimodaler Betrachtungsstrategie unter den Treatmentbedingungen "Bild/Text" bzw. "Text/Bild" in jeder der beiden Altersgruppen.

Bzgl. der Variablen "Alter" ergab sich entsprechend für Kinder mit $F = 2.10$ und $df = 3/96$ eine Überschreitungswahrscheinlichkeit $> .10$; bei

Erwachsenen dagegen führte die einfaktorielle Varianzanalyse mit F = 2.76 und df = 3/120 zu einem auf dem 5 %-Niveau signifikanten Ergebnis. Die Berechnung der Kontraste ergab hier einen hochsignifikanten Altersunterschied zwischen den Treatmentstufen "Text/Bild" und "Nur Bild" ($\bar{x}$: 32.1 bzw. 26.9 Jahre; t = 3.14; $t_{(61;\ 0.01)}$= 2.00). Diese Mittelwert-Differenz hat jedoch augenscheinlich keinen Einfluß auf die treatmentbezogene sensomotorische Lernleistung im Vergleich beider Gruppen.

Somit wurden die eingangs der Untersuchung aufgestellten Anforderungen an die Vergleichbarkeit der altersspezifischen Teilstichproben eingehalten. Für künftige Untersuchungen sollte jedoch einerseits eine exakte Parallelisierung der Versuchsgruppen einer Altersstufe nach der KZS-Kapazität bzw. den C_K-Werten vorgenommen werden, und überdies das Altersspektrum sowohl für Kinder als auch bei Erwachsenen erheblich enger gefaßt werden. Dies lassen zumindest die korrelationsstatistisch nachgewiesenen Interaktionen von Zuflußgeschwindigkeit, Alter, Blickverhalten und Lernleistung geboten erscheinen.

5.5.2. Zur Validität des Bildkartenauswahltests BKAT

Die für die Interpretation der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wesentlichen Anmerkungen zur Validität des BKAT sind bereits in 4.4.2. und in 5.2. gemacht worden. Sie haben einerseits dazu geführt, daß im Rahmen dieser Arbeit in erster Linie die Leistung im Realisierungstest RT als Lernkriterium für die Bewertung der Wirksamkeit aller unterschiedlichen Treatmentbedingungen herangezogen wurde (vgl. 5.2.); sie lassen aber andererseits die Einbeziehung der BKAT-Leistungen bei der Betrachtung der Versuchsgruppen unter jeweils bimodalen Treatmentbedingungen in beiden Altersstufen als durchaus vernünftig und unproblematisch erscheinen (vgl. 5.3.2.).

Zwei Hinweise sollen jedoch in Ergänzung der in 5.2. gemachten Ausführungen hier noch gegeben werden: Zum einen sei der für ein Verfahren zur Messung eines komplexen psychologischen Konstrukts doch recht beachtliche Zusammenhang mit dem entsprechenden empirischen Außenkriterium hervorge-

hoben, wie er zumindest für die in der Korrelationsstatistik dieser Arbeit jeweils zu größeren Teilstichproben zusammengefaßten bimodalen Treatmentgruppen einer jeden Altersstufe reklamiert werden kann. Dies ist exemplarisch in Abb. 33 und Abb. 34 veranschaulicht. Vergleiche aber auch die Angaben in Tab. 30!

Zum anderen sollen erste Schritte zu einer genaueren Analyse derjenigen Faktoren angedeutet werden, die möglicherweise in der Altersgruppe der 9- bis 14jährigen zu den deutlichen Unterschieden in der Beziehungsstärke von BKAT- und RT-Leistung jeweils in Abhängigkeit von der verwendeten Präsentationsform geführt haben (vgl. Tab. 30):

Wie eine Durchsicht der RT-Fehlerspektren in allen Treatmentstufen zeigt, führen unter den Präsentationsbedingungen "Nur Bild" und "Nur Text" jeweils in jeder der beiden Lernaufgaben gut ein Drittel der Kinder überhaupt keinen Armkreis aus (d.h. auch nicht halb oder rückwärts). Weiterhin zeigt ein Fünftel der Kinder jeder dieser beiden Treatmentstufen in der zweiten Lernaufgabe keinen Ansatz einer Hüftbewegung. Unter bimodalen Präsentationsbedingungen sind derartige Totalausfälle weitaus seltener und machen (mit Schwankungen) nur etwa 10 % am Fehlerspektrum der beiden genannten Teilbewegungen aus (bei Erwachsenen sind solche systematischen Ausfälle überhaupt nicht zu verzeichnen). Es ist zu vermuten, daß die betreffenden Vpn unter bimodalen Präsentationsbedingungen in der Beurteilung des BKAT eher zu einer Ratestrategie greifen, die gelegentlich zu "richtigen" Bildkartenauswahlentscheidungen führt, welche gleichwohl keine Beziehung zur tatsächlichen Bewegungsausführung erkennen lassen. Zudem gelingt es insbesondere jüngeren Kindern aufgrund ihrer in diesem Alter i.d.R. noch gegebenen Gelenkigkeit, kurzfristig Körperhaltungen (insbesondere die Armhaltung betreffend) einzunehmen, die zwar der einen oder anderen einzelnen Bildkarte im BKAT entsprechen, jedoch ganz und gar nicht als Versuch betrachtet werden können, einen Armkreis auszuführen. Erwachsene dagegen greifen kaum zu derartig akrobatischen Lösungsversuchen. Wenn erwachsene Vpn entsprechende Bildkarten auswählen, assoziieren sie zumeist auch eine Kreisbewegung der Arme parallel zu der durch Körperlängs- und -tiefenachse definierten Ebene: Das Konzept "Armkreis" wird bei Erwachsenen durch die Instruktion bzw. das Bildkartenmaterial lediglich aktualisiert und abgerufen; bei Kindern insbesondere

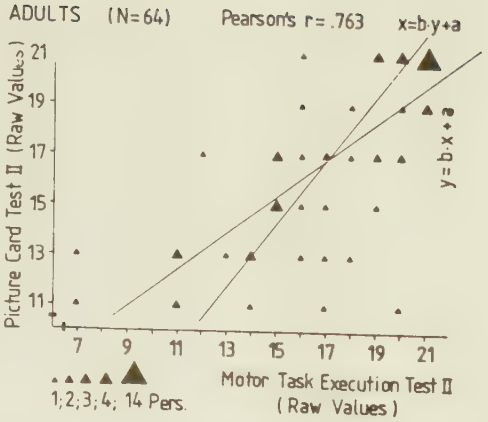


Abb. 33: Korrelation von Realisierungstest- und Bildkartenauswahltestergebnissen bei Erwachsenen; Treatmentstufen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt, alle Vpn

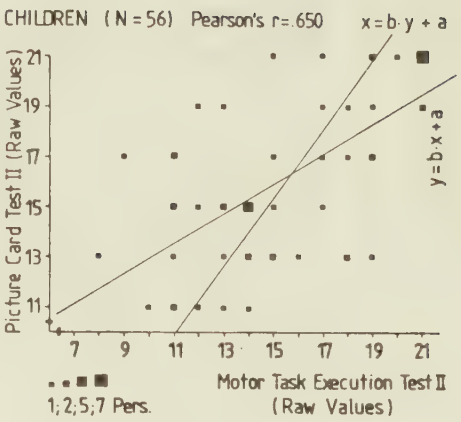


Abb. 34: Korrelation von Realisierungstest- und Bildkartenauswahltestergebnissen bei Kindern; Treatmentstufen "Bild/Text" und "Text/Bild" zusammengefaßt, alle Vpn

der unteren erfaßten Jahrgänge muß die hier gemeinte Teilbewegung "Armkreis" häufig für sich selber erst gelernt und eine begriffliche Etikettierung dieses ganz neuen Konzepts aktuell erst vollzogen werden. Dieser Prozeß scheint mir - bei aller in der Bewertung solcher Fallbeobachtungen angebrachten Vorsicht - durch ein bimodales Informationsangebot wesentlich erleichtert zu werden.

Darüber hinaus bleibt in diesem Zusammenhang noch anzumerken, daß, gemessen am Aufkommen von Zeitfehlern pro Vp bezogen auf sämtliche Treatmentstufen, unter der Präsentationsbedingung "Nur Bild" bei Kindern (nicht bei Erwachsenen!) in beiden Lernaufgaben überdurchschnittlich viele (25 % über normal!) Zeitfehler und Pausen bei der Bewegungsausführung zu verzeichnen sind, verglichen mit den übrigen, in dieser Hinsicht recht homogenen Treatmentstufen. Offensichtlich stellt bei Kindern erst die Textkomponente der Instruktion die Einzelkonfigurationen eines Reihenbildes in einem sinnfälligen Ablauf-Zusammenhang ("Bewegungsfluß"). Der BKAT enthält für diese Art von Ausführungsfehler (mangelnde Integration bzw. "Koordination" von Teilbewegungen und posturalen Leistungen) keinerlei Entsprechung. In solchen Fällen kann also eine insgesamt "korrekte" BKAT-Entscheidung einer in mehrfacher Hinsicht fehlerhaften Bewegungsausführung und also auch einer im Sinne der Aufgabe noch mangelhaften Bewegungsvorstellung gegenüberstehen. Auch diese Fälle dürften für den teilweise unbefriedigenden korrelativen Zusammenhang von BKAT- und RT-Leistung bei Kindern ursächlich sein und die für diese Altersgruppe insgesamt zu positiven BKAT-Ergebnissen mit erklären.

Insgesamt zeichnen sich also genügend Ansatzpunkte ab, die eine Anpassung (und ggf. Ausdifferenzierung) des BKAT an verschiedene Altersstufen einerseits, aber auch entsprechend den Erfordernissen verschiedenartiger Präsentationsformen und Aufgabenstrukturen andererseits machbar erscheinen lassen. Daß dies auch nützlich wäre, zeigt der breite Einsatz, den dieses von mir in erster Linie für die vorliegende Untersuchung konzipierte Testinstrumentarium (BKAT und RT) mittlerweile im Rahmen verschiedenartiger Studien und Untersuchungen zum Problemfeld des visuomotorischen Lernens erfahren hat. Den andersartigen Anforderungen, wie sie dabei etwa aus den Arbeiten zum Videofeedback, zur Frage von Präsentationswiederholungen dynamischen Lehrmaterials und zur Wirkung von Zeitlupen erwachsen sind, konnte die seinerzeit von ZINKE entsprechend den ursprüng-

lichen Vorgaben durchgeführte Validierungsstudie natürlich im Einzelnen genauso wenig genügen wie den speziellen Interdependenzen von Lernalter und Informationsmodalität, die erst Rahmen der vorliegenden Arbeit in vollem Umfang sichtbar geworden sind.

Dennoch ist das Lerntest-Instrumentarium auch in der augenblicklichen Fassung sicherlich bereits mehr als nur ein Behelf. Dies belegt, neben der bereits angedeuteten anderweitigen Nutzung, auch die in 5.6. noch zu nennende dritte Ergänzungsstudie zu der hier vorgelegten Arbeit. In dieser von SOMMER 1985 durchgeführten Untersuchung an drei mal 20 erwachsenen Vpn konnten hochsignifikante gleichgerichtete Effekte des Präsentationsmaterials sowohl auf die BKAT-, als auch auf die RT-Leistung nachgewiesen werden. Die von SOMMER ermittelten Korrelationen zwischen beiden Lernleistungskomponenten entsprechen in der Zusammenhangsstärke den von mir bei Erwachsenen gefundenen Beziehungen; die Koeffizienten sind durchweg hochsignifikant und unterscheiden sich nicht, d.h. sie können als zu ein und derselben Grundgesamtheit gehörig betrachtet werden (Präsentationsbedingungen "Bild/Text": $r_{LA\ I} = .67$, $r_{LA\ II} = .70$; "Nur Bild": $r_{LA\ I} = .75$, $r_{LA\ II} = .64$; "Nur Text": $r_{LA\ I} = .62$, $r_{LA\ II} = .50$).

5.5.3. Zur Auswertungsobjektivität bei Realisierungstest und Blickbewegungsregistrierung

Blickverhalten und Realisierungsleistung sind als analoge Signale auf Video dokumentiert worden. Diese objektive Datengrundlage kann also im diskreten Zeittakt der Videohalbbilder abgegriffen werden. Zu ihrer Kodierung in verrechenbare Zahlenwerte waren jedoch subjektive Beurteilerentscheidungen notwendig. Die dadurch eröffneten Interpretationsspielräume sollten durch entsprechende verbindliche Entscheidungskriterien und -algorithmen möglichst gering gehalten werden (vgl. 4.4.1.1. und 4.4.3.). Es war nun zu prüfen, inwieweit die so gewonnenen Bezugdaten der hypothesenprüfenden Statistik intersubjektiv mitteilbar, d.h. reproduzierbar sind.

Hierzu wurden nach Abschluß der Untersuchung die entsprechenden Auswertungsoperationen an einer Teilstichprobe der vorliegenden Untersuchung von einem zweiten, unabhängigen Beurteiler wiederholt und die von ihm ermittelten Rohpunkt-Werte (Reproduktionsmessung) mit den ursprünglich gewonnenen Ergebnissen (Originalmessung) korreliert. Die Beziehungsstärke zwischen den Meßwertreihen beider Auswertungsgänge soll als Maß für die Auswertungsobjektivität gelten. Daneben wurde als absoluter Auswertungsfehler jeweils die durchschnittliche Rohpunktwert-/Meßwertdifferenz beider Auswertungsgänge ermittelt, da deren Größenordnung keinesweg in Beziehung zur Korrelationshöhe der jeweiligen Meßwertreihen stehen muß. Diese Differenz wird angegeben in %-Anteilen des jeweils in der Originalmessung ermittelten Wertes.

Das Test-Sample bestand aus einer Zufallsauswahl von je drei Kindern und drei Erwachsenen aus den Versuchsgruppen der Treatmentstufen "Bild/Text" und "Text/Bild". Da jede der insgesamt sechs Vpn jeweils zwei Lernaufgaben bearbeitet hatte, fielen damit insgesamt zwölf Rohpunktwerte/Meßwerte in jeder der zu korrelierenden Auswertungsreihen an.

Für die Reproduktionsmessung wurde der betreffende Beurteiler mit den jeweiligen Entscheidungsgrundlagen und Meßfehlerproblemen vertraut gemacht, in die Handhabung der entsprechenden Beurteilungskriterien und Entscheidungsalgorithmen (RT; BBR) eingewiesen und vor der eigenständigen Bearbeitung des eigentlichen Test-Samples (s.o.) an insgesamt drei anderen Meßaufnahmen (sowohl Blickbewegungsregistrierung als auch Realisierungstest) aus der vorliegenden Untersuchung in seinem Entscheidungsverhalten "geeicht". Sowohl die zur Eichung herangezogenen, als auch die in das Test-Sample aufgenommenen Fälle enthalten für die Entscheidungsfindung schwierige Problemstellen (Meßfehler, unorthodox fehlerhafte Bewegungsausführungen, etc.).

Die Ergebnisse der Korrelation von Original- und Reproduktionsmessung sowie die variablenspezifischen Beurteiler-Differenzen sind Tab. 65 zu entnehmen. Hierbei überrascht zunächst die hohe Übereinstimmung beider Auswertungsgänge mit einer wechselseitigen Varianzaufklärung zwischen 72 % und 99 %. Insbesondere bei der hier angewendeten Form des Realisierungstests ist dieses Ergebnis bemerkenswert, wird doch einer-

Variable	r_{xy}	r^2	N	$\lvert \overline{D} \rvert$
Realisierungstest LA I	.899*	.808	6	3.6 %
Realisierungstest LA II	.960**	.921	6	4.0 %
Realisierungstest Gesamt	.950**	.902	12	3.9 %
Fixationshäufigkeit Gesamt	.867**	.751	12	4.6 %
Fixationsdauer Gesamt	.849**	.720	12	8.5 %
Fixationszeit Bild	.993**	.986	12	5.0 %
Fixationszeit Text	.995**	.990	12	5.4 %
Fixationshäufigkeit Bild	.970**	.940	12	8.6 %
Fixationshäufigkeit Text	.988**	.976	12	10.0 %

$r_{0.05;4} = .811$ $r_{0.05;10} = .576$

$r_{0.01;4} = .917$ $r_{0.01;10} = .708$

$\lvert \overline{D} \rvert$ = Durchschnittliche Rohpunktwerte-Differenz von Reproduktions- und Originalauswertung, ausgedrückt in % des Original-Rohpunktwertes

TABELLE 65: Korrelationstabelle zur Abschätzung der Auswertungsobjektivität von Realisierungstest und Blickbewegungsregistrierung

seits auf eine exakte kinematographische Kenngrößenbestimmung verzichtet, und sind doch andererseits Korrelationen von Beurteilerentscheidungen in der Größenordnung von .90 bis .95 in psychologischen bzw. sozialwissenschaftlichen Verfahren ganz ungewöhnlich. Allerdings unterscheiden sich von derartigen Verfahren sowohl der Realisierungstest als auch der Entscheidungsalgorithmus zur Differenzierung von Fixationen und Sakkaden anhand des aufgezeichneten Video-Signals insofern ganz grundsätzlich, als es sich in beiden Fällen ja nicht z.B. um die Einschätzung subjektiver Befindlichkeiten oder nur die Einstufung von Merkmalsausprägungen auf vorgegebenen Skalen handelt, sondern als es sich jeweils allein um die Identifizierung des Auftretens bzw. Nichtauftretens wohldefinierter Merkmale zu diskreten Zeitpunkten handelt. Alle weiteren Daten werden ja, wie in 4.4. beschrieben, auf der Grundlage solcher binärer Entscheidungen abgeleitet. Offensichtlich sind die vorgegebenen Entscheidungsalgorithmen/-kriterien dem empirischen Sachverhalt so gut angemessen und die ihnen zugrundegelegten Merkmale des Videosignals so gut zu beobachten und zu differenzieren, daß von einer nahezu vollständigen Reproduzierbarkeit der Schwankungen innerhalb von Meßwertreihen ausgegangen werden kann (relative Übereinstimmung). Auch die absolute Reproduzierbarkeit scheint mit durchschnittlichen Beurteiler-Differenzen von ca. 5 % durchaus zufriedenstellend.

Es bleibt anzumerken, daß in der Reproduktionsmessung gegenüber der Originalmessung durchweg mehr (und kürzere) Textfixationen verzeichnet wurden. Dies ist ein Beispiel für einen systematischen Auswertungsunterschied zwischen beiden Beurteilern in der Trennung von Augenbewegungsdaten und Hintergrundrauschen des (Video-)Signals, der jedoch die Reproduktionsgenauigkeit der einzelnen Vpn-Unterschiede innerhalb der untersuchten Stichprobe nicht im geringsten beeinträchtigt (vgl. Tab. 65). Dieser Auswertungsunterschied führt auch nicht zu Interpretationsunterschieden im Hinblick darauf, welche konkreten Vorlagendetails von den jeweiligen Vpn denn tatsächlich fixiert worden seien: Die Auswertungsunterschiede ergeben sich fast ausschließlich bei der Beurteilung sehr kleinräumiger, kurzzeitiger Bewegungen des Fadenkreuzes auf dem Vorlagenmonitor (s. Abb. 9). Nach 4.4.1.1. ist nun, bei hinreichender Meßwerte-Konstanz (Kalibriergüte!), die räumliche Distanz zweier sukzessiver Fixationen nach unten nur durch das Auflösungsvermögen der gesamten

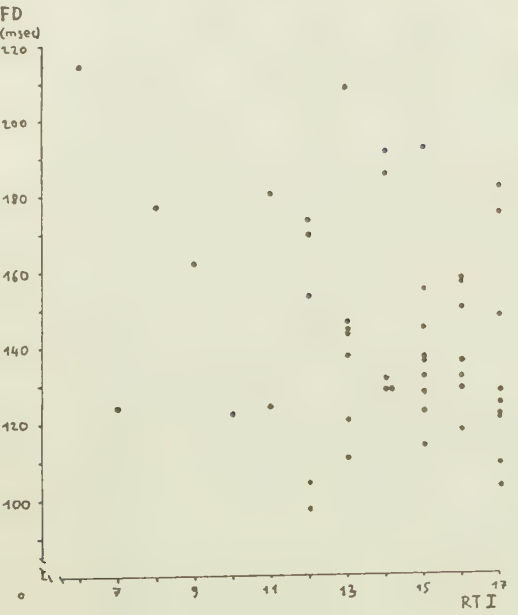
Meßeinrichtung begrenzt. Die für die vorliegende Untersuchung gegenstandsangemessen definierten Fixationsbereiche von 3.5 cm bzw. 4.5 cm sind eine interpretative, jedoch keine meßmethodische Hilfsgröße zur Diskrimination von Fixationen und Sakkaden. D.h., innerhalb desselben räumlichen Fixationsbereiches (vorlagenseitig) können durchaus mehrere sukzessive Fixationen registriert werden, deren Fixationsbereiche sich damit überlagern (in der Interpretation: visuelles rehearsal). Für die Bewertung der visuellen Informationsaufnahme unter dem Gesichtspunkt der Detail-Identifikation wird es daher als unerheblich erachtet, ob ein Vorlagendetail mit zwei sukzessiven längeren, oder aber mit drei sukzessiven, im einzelnen aber etwas kürzeren Fixationen abgegriffen wurde; die Fixationszeit ist als Summengröße gegenüber dieser Differenzierung ohnehin unempfindlich. Für die Bewertung der Vpn-Unterschiede in der Fixationshäufigkeit unter dem Gesichtspunkt der Identifikation unterschiedlicher kognitiver Verarbeitungsstrategien (vgl. auch die Korrelationen von FH und RT!) dagegen ist nur die getreue Reproduzierbarkeit eben dieser verhältnismäßigen Verschiedenheit der Vpn im besagten Kriterium ausschlaggebend; dies ist aber gewährleistet (vgl. Tab 65).

5.5.4. Zur Linearitätsvoraussetzung der Korrelationsberechnungen

Die angemessene Interpretation der korrelationsstatistischen Ergebnisse von 5.3. hat im wesentlichen lediglich die Linearität der gefundenen Zusammenhänge zur Voraussetzung. Eine grobe Abschätzung hierzu bietet die Inaugenscheinnahme der entsprechenden Streuungsdiagramme. Danach besteht kein Anlaß, die Linearitätsannahme für die vorliegenden Daten an irgendeiner Stelle grundsätzlich in Zweifel zu ziehen. Gleichwohl kann keineswegs immer auch für die zugehörige Grundgesamtheit die Linearitätsannahme aufgrund der Daten gefolgert werden; die Korrelationen sind häufig zu niedrig, die Streuung der Daten zu beträchtlich und die Eingriffe durch Datenklassifizierungen z.T. zu erheblich, um inanbetracht des nur beschränkten Datenaufkommens hier Voraussagen zu machen. Einen Eindruck hiervon kann man sich leicht verschaffen, wenn man die Beziehungen der Realisierungstest-Daten mit den in der multiplen Korrelationsstatistik als relevant erkannten Prädiktoren betrachtet. Diese sind bzgl. der modalitätsübergreifenden Blickdichte (Fixationsdauer) bei Kindern und bzgl. der Zufluß-

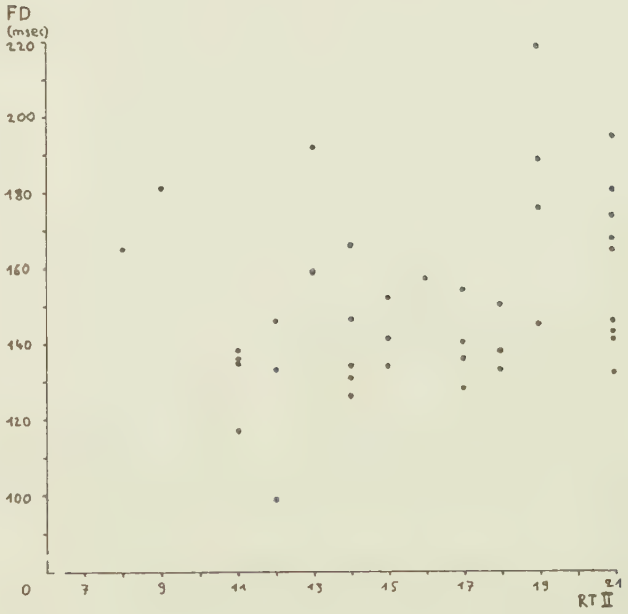
KINDER LA I, nur bimodale Betrachter (N=49)

r = -.26

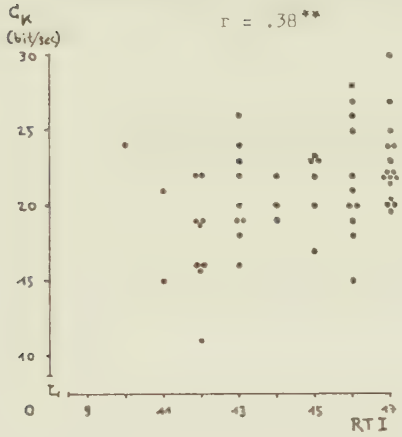


KINDER LA II, nur bimodale Betrachter (N=40)

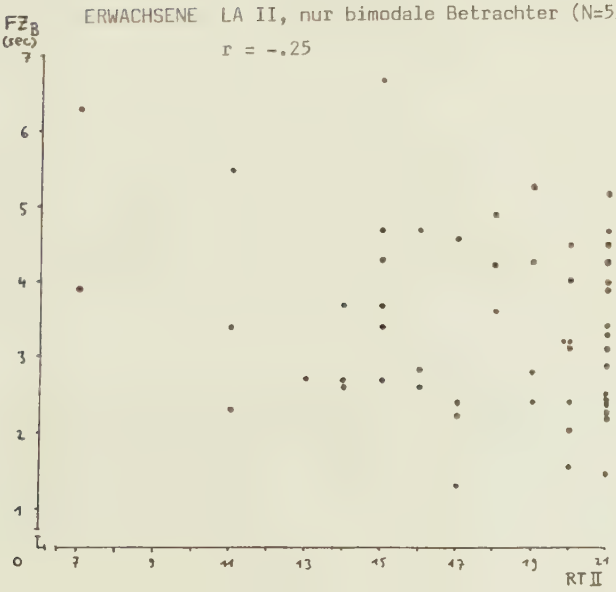
r = .28



ERWACHSENE LA I, nur bimodale Betrachter (N=58)



ERWACHSENE LA II, nur bimodale Betrachter (N=53)



geschwindigkeit und der modalitätsspezifischen visuellen Zuwendung bei Erwachsenen nachstehend wiedergegeben; Bezugsgruppe waren jeweils nur Vpn mit bimodaler Betrachtungsstrategie. Für die Beziehung von RT und BKAT bei Erwachsenen und Kindern sei auf die Abbildungen Abb. 33 und Abb. 34 verwiesen.

5.5.5. Zu einigen meßmethodischen Fehlerquellen der Blickbewegungsregistrierung

Abschließend sollen einige meßmethodische und verfahrenstechnische Randbedingungen der Gewinnung von Blickverhaltensdaten daraufhin untersucht werden, ob sie ggf. in systematischer Weise die Ergebnisse beeinträchtigen.

Hier ist zunächst der zeitliche Schlupf bei der Dia-Präsentation der Lehrinformation zu nennen. Für alle mit bimodalem Präsentationsmaterial versehenen Vpn ergeben sich durchschnittliche Präsentationsdauern in Sekunden (Streuungen in Klammern) von 9.54 (0.32) bzw. 9.52 (0.34) bei Kindern, LA I bzw. LA II (N = 56), und von 9.45 (0.43) bzw. 9.33 (0.41) bei Erwachsenen, LA I bzw. LA II (N = 64). Die Schwankungen der Präsentationsdauer in dieser Größenordnung beeinflussen weder die sensomotorische Lernleistung noch die modalitätsübergreifende Blickdichte in systematischer Weise (keine Korrelation über .01 bzgl. RT bzw. über .36 bzgl. FH_{LAI} und .16 FH_{LAII}).

Regelrechte Datenausfälle durch Meßfehler, aufgrund derer Fixationen weder registriert noch großräumig der Bild- bzw. der Textkomponente zugeordnet werden konnten, sind nur bei Erwachsenen, LA II, in 3% aller Meßfälle zu verzeichnen und können daher als Einflußgröße vernachlässigt werden; sie sind zudem in den betreffenden Fällen bei einer Größenordnung von 15% der Präsentationsdauer ohne Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung.

Unterbrechungsaktivitäten (das sind Lidschläge und Fixationen ohne Informationsaufnahme) sind etwa bei der Hälfte aller Vpn (40% - 57%) zu verzeichnen. Ihr Anteil an der Präsentationsdauer der jeweils betroffenen Vpn beträgt bei Erwachsenen durchschnittlich 4%, bei Kindern in LA I

ca. 3%, in LA II 5%. Ihr Einfluß auf die übrigen erhobenen Blickverhaltensmerkmale ist damit zu vernachlässigen. Auch in ihrer mittleren Lernleistung (RT) weichen Vpn mit Unterbrechungsaktivitäten in beiden Altersgruppen nicht von den Durchschnittswerten ab (Kinder (N=56), LA I: $\bar{x}$ = 12.8, s = 3.3, LA II: $\bar{x}$ = 15.8, s = 4.0; Erwachsene (N=64) LA I: $\bar{x}$ = 14.5, s = 3.0, LA II: $\bar{x}$ = 17.0, s = 3.9; vgl. entsprechend Tab. 62). Die Lernleistungsergebnisse für Vpn mit Lidschlägen und Vpn mit OI-Fixationen gesondert berechnet sind ganz entsprechend. Lidschläge treten in beiden Lernaufgaben nur bei etwa einem Drittel aller Vpn jeder Altersgruppe auf. Ihre durchschnittliche Dauer beträgt bei Erwachsenen und Kindern ca. 365 msec. OI-Fixationen nehmen durchnittlich zwischen 2.5% und 3.4% der Präsentationsdauer in Anspruch. Bemerkenswert ist hier allerdings eine Verdoppleung ihrer mittleren Dauer von 140 msec (LA I) auf 320 msec (LA II) bei Kindern, ohne daß allerdings der Anteil an Vpn mit OI-Fixationen zunähme.

Insgesamt können also die betrachteten potentiellen Fehlerquellen der Blickbewegungsregistrierung begründeterweise als unerheblich und ohne größeren Einfluß auf die Datengewinnung angesehen werden.

5.6. Zusatzexperimente

Wenn auch die experimentelle Überprüfung der in 2. theoretisch entwickelten und in 3. formulierten Arbeitshypothesen mit der in 4. beschriebenen methodischen Vorgehensweise in anbetracht der bisher vorgetragenen Ergebnisse (5.1. bis 5.4.) als im Wesentlichen erfolgreich abgeschlossen betrachtet werden kann, so verlangt dennoch das Ausbleiben jedweder Effekte der Präsentationsbedingungen auf die sensomotorische Lernleistung bei Erwachsenen gerade angesichts der diesbezüglich bemerkenswerten und hypothesenkonformen Ergebnisse bei Kindern eine weitergehende Erklärung.

Hier mußte zunächst ernsthaft die Möglichkeit eines Artefaktes in Betracht gezogen werden: Gewinnen möglicherweise Erwachsene im Nachgang zu einer 10sekündigen Instruktion unterschiedlicher Modalität aus der unmittelbar anschließenden, bis zu 3minütigen Beschäftigung mit einheitlichem Bildkartenmaterial so viel zusätzliche Information, daß die ursprünglichen modalitätsspezifisch induzierten Differenzen vollständig kompensiert werden können? Wirkt also der der Bewegungsausführung vorgeschaltete Bildkartenauswahltest aufgrund des aus ihm logisch zu erschließende Informationsgehalts als leistungsnivellierender Filter? Und ist darüber hinaus evtl. auch die relativ hohe und konsistente Korrelation von BKAT und RT unter verschiedenen Treatmentbedingungen bei Erwachsenen auf diesen Effekt zurückzuführen?

Um diese Frage zu entscheiden, wurde das in 4.1. skizzierte Experiment an vier Gruppen von jeweils zehn Erwachsenen wiederholt. Dabei wurde auf die Blickbewegungsregistrierung verzichtet. Der entscheidende Unterschied bestand jedoch in der Umkehrung der Reihenfolge, in welcher die Vpn die beiden Lerntestkomponenten zu absolvieren hatten: Im Gegensatz zum Hauptexperiment waren sie nunmehr gehalten, unmittelbar im Anschluß an die visuelle Informationsaufnahme und die obligatorische 30sekündige Interferenzaufgabe die Bewegung auszuführen und erst danach den BKAT zu bearbeiten. Im übrigen wurden die experimentellen Bedingungen gegenüber der Hauptuntersuchung nicht verändert.

Die Lernleistungsergebnisse dieses ersten Zusatzexperiments sind Tab. 66 zu entnehmen. Es zeichnen sich generell leichte Nachteile der Vpn unter

der Nur-Text-Bedingung ab. Dieser Trend wird jedoch an keiner Stelle signifikant. Vier einfaktorielle Varianzanalysen und entsprechende H-Tests, die in jeder der beiden Lernaufgaben jeweils über alle vier Versuchsgruppen sowohl für die BKAT-, als auch für die RT-Leistung berechnet wurden, führen durchweg zur Beibehaltung der Nullhypothese. Die Prüfgrößen bleiben jeweils weit unter den entsprechenden kritischen Werten.

Erzielen also tendenziell diejenigen Versuchsgruppen die besseren sensomotorischen Lernleistungen, die sich aufgrund der dargebotenen Präsentationsformen ausschließlich bzw. mehrheitlich mit der Bildinstruktion beschäftigt haben, so lassen die Ergebnisse der Prüfstatistik jedoch in keiner Weise den Schluß zu, daß bei einer Nachschaltung des BKAT die eingesetzten Präsentationsformen nach 10sekündiger Darbietungsdauer bei Erwachsenen unmittelbar zu unterschiedlichen Lernleistungen führten. Das Gegenteil trifft zu. Auch zeigt ein Vergleich der Mittelwerte mit dem Hauptexperiment (vgl. Tab. 66 und Tab. 19), daß, abgesehen von einer größeren Schwankungsbreite der Gruppenmittelwerte, auch in der Höhe der Lernleistungsergebnisse insgesamt keine grundsätzlichen Unterschiede zum Hauptexperiment bestehen. Eine Nachschaltung des BKAT führt also unter sonst gleichen Bedingungen keineswegs zu schlechteren Lernleistungen. Aufgrund der vorliegenden Experimente kann also weder die Hypothese aufrecht erhalten werden, der BKAT nivelliere ursprünglich durch das Präsentationsmaterial induzierte Lernleistungsunterschiede, noch die Behauptung, der BKAT ernthalte eine eigenständige Informationskomponente, die gegenüber der des Lehrmaterials besonders ins Gewicht fällt; zumindest unterscheidet sich dieser Einfluß nicht von dem, der mit der Realisierung des Außenkriteriums selber verbunden ist.

Zugleich müßte sich nun auch zeigen lassen, daß die korrelative Beziehung von BKAT und RT unabhängig von der Bearbeitungsreihenfolge beider Testkomponenten durch die (erwachsenen) Vpn gegeben ist, daß also eine ausführungsleitende Bewegungsvorstellung nicht erst in der Auseinandersetzung mit dem Bildkartenmaterial ausgebildet bzw. konsolidiert wird, sondern daß der BKAT in der Tat eine nur an die Intention der Bewegungsausführung selber geknüpfte kognitive Repräsentation operationalisiert.

Für diese Einschätzung sprechen die über die gesamte Population dieses

ersten Zusatzexperiments (N = 40)berechneten BKAT-RT-Korrelationen mit r_{xy} = .603 (LA I) und r_{xy} = .711 (LA II), in beiden Fällen hochsignifikant. Auch in den Teilstichproben (jeweils N = 10) bewegen sich die Korrelationskoeffizienten zwischen .47 und .82, werden allerdings in dieser Größenordnung inanbetracht der geringen Stichprobenumfänge nicht in jedem falle signifikant.

Die Befürchtung, bei der Ermittlung der Lerntestergebnisse (zumindest bei Erwachsenen) einem testmethodischen Artefakt aufgesessen zu sein, kann hiermit als ausgeräumt gelten. Dennoch kann das bei Erwachsenen zutage getretene Ergebnis insofern ein Artefakt darstellen, als gerade Erwachsene unter den gegebenen Experimentalbedingungen aufgrund jeder der vorgegebenen Präsentationsformen bereits soviel lernen, daß ein weiterer Lernfortschritt im Wesentlichen nur noch durch (individuelle) Fehlerkorrekturen zu bewerkstelligen wäre, und insgesamt von einem Deckeneffekt ausgegangen werden müßte. Hierfür spricht der beachtliche Anteil fehlerloser Testergebnisse in jeder der Erwachsenen-Versuchsgruppen des Hauptexperiments.

Um bzgl. dieser Frage Sicherheit zu gewinnen, wurde mit insgesamt 39 erwachsenen Vpn ein zweites Zusatzexperiment durchgeführt. Dieses war in Aufgabenstellung, Versuchsbedingungen und Prozedur vollkommen identisch mit dem Hauptexperiment (einschließlich durchgeführter Blickbewegungsregistrierung und Lerntest-Abfolge BKAT - RT). Als einzige Veränderung wurde die Präsentationsdauer jeder der vier verschiedenen Präsentationsformen von ca 9.5 sec auf ca. 16.5 sec erhöht. Die unter diesen Voraussetzungen erzielten Ergebnisse sind in Tab. 67 wiedergegeben.

Auch in diesem zweiten Zusatzexperiment lassen einfaktorielle Varianzanalysen und H-Tests bei Erwachsenen keine Anzeichen unterschiedlicher Treatmentwirkungen auf die sensomotorische Lernleistung erkennen. Alle Prüfgrößen bewegen sich weit unterhalb der jeweiligen kritischen Werte. Zugleich aber zeigt sich trotz beinahe verdoppelter Präsentationszeit keine nennenswerte Verbesserung der Lernleistung gegenüber den im Hauptexperiment gefundenen Werten (vgl. Tab. 67 und Tab. 19): die Lerntest-Ergebnisse sind nahezu deckungsgleich; geringfügig höhere Mittelwerte unter einzelnen Treatmentbedingungen im zweiten Zusatzexperiment er-

Lern-aufgabe	Präsentations-form	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	19.0	0.5	15.4	0.9	10
	Text/Bild	16.8	3.2	14.5	3.0	10
	nur Bild	18.0	2.8	15.6	1.6	10
	nur Text	15.4	3.4	13.5	2.5	10
LA II	Bild/Text	18.2	2.8	18.1	2.3	10
	Text/Bild	17.4	1.9	16.9	2.9	10
	nur Bild	19.4	2.0	18.9	3.4	10
	nur Text	16.4	3.5	15.5	4.3	10

TABELLE 66: Zusatzexperiment I: Lernleistung Erwachsene in Abhängigkeit von der Präsentationsform; Testabfolge **RT - BKAT**

Lern-aufgabe	Präsentations-form	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	18.8	1.8	14.5	1.5	10
	Text/Bild	19.2	2.2	15.9	1.4	10
	nur Bild	19.6	1.6	15.3	1.0	9
	nur Text	17.6	3.1	14.6	1.6	10
LA II	Bild/Text	16.0	3.0	17.0	2.3	10
	Text/Bild	17.6	3.6	18.4	2.1	10
	nur Bild	18.7	2.3	17.3	2.3	9
	nur Text	17.0	3.2	17.6	3.5	10

TABELLE 67: Zusatzexperiment II: Lernleistung Erwachsene in Abhängigkeit von der Präsentationsform; Präsentationsdauer **16.5 sec**

weisen sich inanbetracht der allgemein hohen Streuung der Lernleistungsdaten als völlig unerheblich. Man darf also wohl davon ausgehen, daß Erwachsene unter den Bedingungen des Hauptexperiments bei jeder der dargebotenen Präsentationsformen der pragmatisch gleichwertigen Instruktion bereits soviel an Information zu extrahieren in der Lage sind, daß eine weitere durchschnittliche Steigerung der sensomotorischen Lernleistung allein mit darbietungs- und kodierungstechnischen Mitteln auf Seiten der Lehrinformation, also über die Präsentationsgestaltung, nicht mehr zu erreichen ist.

Können also grundlegende meßmethodische Fehler wohl weitgehend ausgeschlossen werden, so kann der experimentelle Befund an dieser Stelle dennoch nicht befriedigen. Gleichwohl kann nun aber in der Interpretation dieses Ergebnisses auf die in Hypothese (I) bzgl. der altersdifferentiellen Relevanz der Kodierungskomplexität bereits formulierte Einschränkungen rekurriert werden, für die ein möglicher Erklärungsansatz bereits in 2.2.2., 2.2.5., 2.4.1. und 2.4.2. theoretisch entwickelt worden ist. Zugleich eröffnet sich damit auch eine Perspektive zur experimentellen Überprüfung dieses Interpretationsansatzes unter Zugrundelegung des acquisition-retention-Paradigmas entsprechend den in 2.2.4. und 2.2.5. getroffenen Anmerkungen (vgl. auch 3.2.).

Dazu werden zwei Annahmen gemacht: Erstens wird im vorliegenden Fall die gestellte Lernaufgabe in dem Sinne "zu leicht" befunden, als die über das verwendete Präsentationsmaterial für erwachsene Vpn bereitgestellten Merkmalsattribuierungen und Assoziationen so vielfältig sind, daß eine im unmittelbaren Anschluß an die Informationsaufnahme (treatment) durchgeführte Abfrage der (Lern-)Leistung (acquisition) in jedem Fall die durchschnittlich maximal erreichbare Leistungshöhe wiedergibt. Zweitens wird an der Gültigkeit der nominalen semantischen Diskrepanzhypothese prinzipiell festgehalten.

Läßt sich nun die Aufgabenschwierigkeit selbst nicht unmittelbar erhöhen (z.B. durch Komplizierung der Lernaufgabe oder durch Verkürzung der Präsentationsdauer), was mit Rücksicht auf das aufgabenspezifisch angepaßte Lerntest-Instrumentarium und die Forderung nach Sicherstellung einer mehrheitlichen bimodalen Betrachtungsstrategie bei entsprechenden Prä-

sentationsformen im vorliegenden Fall nicht möglich ist, so sollten solche der semantischen Diskrepanzhypothese zuzuschreibenden Effekte der Kodierungskomplexität auf die sensomotorische Lernleistung auch bei Erwachsenen nun allerdings unter der Voraussetzung nachzuweisen sein, daß zwischen Informationsaufnahme und -abgabe (retention-Test) Interferenz- und Zerfallsprozesse wirksam werden können, die ihrerseits wiederum die Reproduktion/Rekonstruktion der zum acquisition-Zeitpunkt zunächst gleichmäßig gut ausgebildeten Bewegungsvorstellung mehr oder weniger beeinträchtigen können, je nach dem, wie vielfältig und von welcher Art die anhand unterschiedlicher Informationsmodalitäten gewonnenen und in die Gedächtnisrepräsentation des Bewegungsablaufs integrierten Einzelmerkmale bzw. inner- und zwischenbegrifflichen Relationen jeweils sind (vgl. auch KLIMESCH 1979). Hiermit wird also deutlich an Modellvorstellungen zur semantischen Verarbeitungstiefe angeknüpft.

Hierzu wurde folgendes Experiment konzipiert: Drei Gruppen von jeweils 20 erwachsenen Vpn werden mit dem in der Hauptuntersuchung verwendeten Präsentationsmaterial versehen (10sekündige Diapräsentation: jeweils "Bild/Text", "Nur Bild" und "Nur Text") und auch derselben Aufgabenstellung unterworfen. Auch die ursprüngliche Lerntest-Abfolge wird beibehalten (BKAT - RT). Auch alle weiteren Details des Untersuchungsablaufs (Zeitmargen etc.) werden wie im Hauptexperiment abgewickelt; lediglich auf die Blickbewegungsregistrierung und die zugehörige Einweisungs- und Kalibrierungsprozedur wird verzichtet. Als entscheidende Veränderung gegenüber dem Hauptexperiment wird jedoch zwischen Informationsaufnahme (Diapräsentation) und Informationsabgabe (Lerntests BKAT und RT) eine 10minütige motorische Interferenzaufgabe geschaltet. Damit wird einerseits ein Retention-Zeitraum sichergestellt, innerhalb dessen die Probanden noch gut zu kontrollieren sind, der noch eine hinreichende Affinität zu unterrichtspraktischen Anforderungssituationen erkennen läßt, und der im übrigen so bemessen ist, daß Übertragungs- und Rückrufprozesse in das und aus dem Langzeit-Gedächtnis bereits mit involviert sind. Andererseits werden mit einer noch entsprechend zu definierenden Interferenzaufgabe auf die eigentliche Lernaufgabe zielende Memorations- und Rehearsalprozesse auf Seiten der Vpn unterbunden. Aufgrund ihres im engeren Sinne motorischen Charakters schließlich läßt sich zugleich sicherstellen, daß die Interferenzaufgabe selber nicht unmittelbar mit modalitätsspezifischen Vorgängen der Informationsaufnahme und -abspeicherung interagiert, wie sie

wiederholt u.a. von ENGELKAMP, HOFMANN und ZIMMER beschrieben worden sind. Solchen Vorgängen zuzuschreibende Verzerrungen in der Behaltenswirksamkeit unterschiedlicher Informationsformen könnten auftreten, wenn die Interferenzaufgabe vorwiegend Bildwahrnehmung oder verbal-begriffliche Operationen zum Gegenstand hätte. Sie können weitgehend ausgeschaltet werden bei einer Interferenzaufgabe, die in erster Linie hohe Anforderungen an die Gleichgewichtsregulation und an die allein auf der Grundlage kinästhetischen feedbacks zu optimierende Koordination bei im wesentlichen als bekannt vorauszusetzenden großmotorischen Bewegungsabläufen stellt. Eine solche Aufgabe bindet gleichwohl Aufmerksamkeit und bewußte kognitive Zuwendung so stark, daß eine Beschäftigung mit der eigentlichen Lernaufgabe auf der Folie imaginaler und/oder begrifflich-verbaler Rehearsal-Prozesse ausgeschlossen werden kann.

Allerdings ist die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, daß die Aktualisierung und Inanspruchnahme motorischer Gedächtnisspuren durch die Interferenzaufgabe die Ausbildung sensomotorisch-handlungsbezogener "Programmarken" für die eigentliche Lernaufgabe generell beeinträchtigt. Dieser Aspekt ist von beträchtlicher unterrichtspraktischer Bedeutung. Ein solcher Effekt sollte aber nach den in 2.1.1. angestellten Vorüberlegungen in seiner Ausprägung unabhängig von der Modalität der Lehrinformation sein[)] und könnte darüber hinaus im Rahmen des soeben skizzierten dritten Zusatzexperiments auch nicht von einem allgemeinen Vergessenseffekt unterschieden werden.

Es gilt also erstens zu untersuchen, ob gegenüber den Ergebnissen des Hauptexperiments die sensomotorische Lernleistung, unabhängig von der geschalteten Kodierungsform (Präsentationsbedingung), generell geringer ausfällt. Zweitens ist zu fragen, ob sich unter den speziellen Bedingungen des retention-Experiments nunmehr Unterschiede in der Behaltenswirksamkeit der verschiedenen Präsentationsbedingungen zeigen, die mit den Annahmen zur semantischen Diskrepanzhypothese in Einklang zu bringen wären.

Dieses Experiment wurde entsprechend meinen Vorgaben von SOMMER (1985; unveröff.) durchgeführt und ausgewertet. Als motorische Interferenzaufgabe wurde an die Vpn die Anforderung gestellt, ihre Vorwärts- und Rückwärtsfahrt mit einem Pedalo zu stabilisieren und im Verlauf dieses Opti-

[)] sofern diese nicht kinästhetisch-taktil vermittelt, sondern in irgend einer Weise symbolisch durch externe Zeichenträger transportiert wird

mierungsprozesses verschiedene Zusatzbewegungen auszuführen. Unter Berücksichtigung der diesbezüglichen Ergebnisse des Hauptexperiments (vgl. 5.4.) wurden die Vpn vor dem Experiment nach ihrer KZS-Kapazität klassifiziert (10 Pkte Klassenbreite) und in Tripeln von jeweils gleicher KZS-Klassifizierung auf die drei oben genannten Treatmentstufen verteilt, um so die Fehlervarianz entscheidend zu reduzieren.

Die Lerntest-Ergebnisse dieses Experiments sind Tab. 68 zu entnehmen (zur Veranschaulichung vgl. Abb. 35). Bei vergleichbarer durchschnittlicher KZS-Kapazität und Zuflußgeschwindigkeit aller Erwachsenen-Stichproben fallen die Ergebnisse im dritten Zusatzexperiment insgesamt keineswegs schlechter aus als die der Hauptuntersuchung oder des zweiten Zusatzexperiments. Ein allgemeiner Vergessenseffekt kann damit, bezogen auf das vorgegebene Zehnminuten-Intervall, ebenso ausgeschlossen werden wie eine grundsätzliche Beeinträchtigung der sensomotorischen Aktualisierung einer neu erworbenen Bewegungsvorstellung im Gefolge einer motorischen Interferenzaufgabe.

Allerdings zeigen sich nunmehr deutliche Unterschiede in der Lern- bzw. Behaltensleistung in Abhängigkeit von der Kodierungs-Komplexität: Die mit einer Bild-Text-Kombination versehenen Vpn erzielen im Durchschnitt erheblich höhere BKAT- und RT-Werte als diejenigen Vpn, denen entweder nur ein Reihenbild oder nur ein Text dargeboten wurde. Die Differenzen zwischen den beiden unimodalen Treatmentstufen sind dagegen unerheblich.

Die durchgeführte Prüfstatistik bestätigt diese Einschätzung: Bzgl. der BKAT- sowie der RT-Leistung jeweils über alle drei Treatmentstufen gerechnete verteilungsfreie H-Tests führen bei kritischen χ^2-Werten von 5.99 ($df=2$; $\alpha = .05$) bzw. 9.21 ($\alpha = .01$) mit den entsprechenden (korrigierten) H-Werten für RT I (9.12), BKAT II (6.38) und RT II (9.83) zu signifikanten bzw. hochsignifikanten Ergebnissen. Die Berechnung der Kontraste (U-Test) ergibt in diesen drei Fällen jeweils signifikante bis hochsignifikante Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Bild-Text-Gruppe einerseits und denen der Nur-Bild- bzw. der Nur-Text-Gruppe andererseits, jedoch keinerlei überzufällige Differenzen zwischen den Ergebnissen der beiden unimodalen Treatmentstufen. Darüber hinaus besteht für die BKAT I - Werte nach dem U-Test noch ein signifikanter Unterschied zwischen der Bild-Text-Gruppe

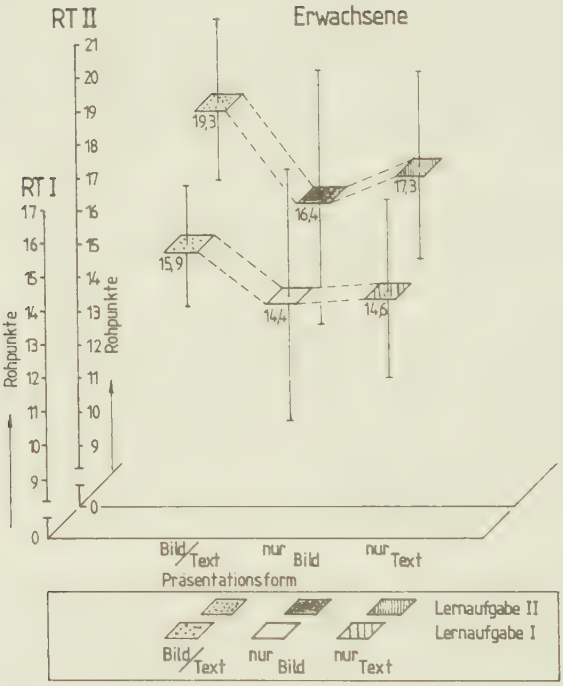


Abb. 35: Treatmentbezogene sensomotorische Lernleistung bei verzögerter Abfrage (10 minütiges Behaltensintervall)

Lern-aufgabe	Präsentations-form	BILDKARTEN-AUSWAHLTEST		REALISIERUNGS-TEST		N_{Gesamt}
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
LA I	Bild/Text	19.4	3.1	15.9	1.7	20
	nur Bild	17.7	4.0	14.4	3.7	20
	nur Text	17.1	3.7	14.6	2.6	20
LA II	Bild/Text	19.6	2.5	19.3	2.4	20
	nur Bild	17.5	2.7	16.4	3.8	20
	nur Text	16.9	3.4	17.3	2.8	20

TABELLE 68: ZusatzexperimentIII: Lernleistung Erwachsene nach 10minütiger motorischer Interferenzaufgabe

und der Nur-Text-Gruppe. Zu einem grundsätzlich gleichen inferenzstatistischen Ergebnis führen zwei jeweils über alle drei Treatmentstufen und beide Lernaufgaben gerechnete 2-faktorielle Varianzanalysen bzgl. der BKAT- und der RT-Leistung sowie die zugehörigen ausgewählten Einzelvergleiche nach dem SCHEFFÉ-Test. Hiernach erweist sich ebenfalls die Bild-Text-Gruppe in ihrer BKAT- und in ihrer RT-Leistung beiden unimodalen Versuchsgruppen gegenüber (also Nur-Bild und Nur-Text) als hochsignifikant überlegen, während die beiden unimodalen Versuchsgruppen auch bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 50 % noch keine Unterschiede aufweisen.

Mit diesem Zusatzexperiment hat die in 3.2. im Hinblick auf denkbare Modalitätseffekte aufgestellte Hypothese (I) ihre nunmehr auf das gesamte untersuchte Altersspektrum auszudehnende, allgemeine Bestätigung erfahren. Zugleich hat damit auch die entsprechende, bzgl. denkbarer Prozeßeffekte formulierte Hypothese (N) ihre Verallgemeinerung erfahren. Drittens unterstreichen die Ergebnisse des Zusatzexperiments III nachdrücklich die prinzipielle Gleichwertigkeit analog-bildlicher und sprachlich-digitaler Kodierungsmodalitäten im Rahmen visuomotorischen Lernens (vgl. Hypothese K in 3.2.). Insgesamt gewinnt dieses Zusatzexperiment zudem besondere Bedeutung durch seinen Charakter als erfolgreiche Replikationsstudie zu entscheidenden inhaltlichen und methodischen Aspekten der Hauptuntersuchung.

Betrachtet man die Ergebnisse der einzelnen Experimente im Zusammenhang, so liegt der Vorteil einer bimodalen Kodierung sensomotorischer Lerngegenstände (und damit ggf. die Bedeutung einer nominalen Diskrepanz von Bild und Text) weniger in der Sicherung vor Vergessensvorgängen (Zerfall), als viel eher in der Bereitstellung solcher Merkmale und Relationen, die der Differenziertheit und zunehmenden Konsolidierung einer Bewegungsvorstellung in besonderem Maße förderlich sind.

6. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit nimmt ihren Ausgang von einem lerntechnologischen Problemfeld. Dies ist allgemein mit der Frage nach der Gestaltung und der Lernwirksamkeit visueller Lehrmedien und -materialien im Sport zu umreißen. Im besonderen wird die Untersuchung altersdifferentieller Wirkungen statisch präsentierter Bild- und Textinformation auf den visuomotorischen Informationsumsatz zum Gegenstand der Arbeit gemacht.

Dabei wird ein Forschungsansatz zur Anwendung gebracht, der einen Zugriff zu den relevanten Komponenten des visuomotorischen Informationsumsatzes erlaubt. Dies sind die (visuelle) Informationsaufnahme, die (kognitive, im Gedächtnis repräsentierte) Bewegungsvorstellung und die (sensomotorische) Bewegungsausführung.

Entsprechend waren im Rahmen dieser Arbeit einerseits die technischen, meßmethodischen und interpretativen Vorraussetzungen der Blickbewegungsregistrierung (BBR) darzustellen und deren gegenstandsbezogene Anpassung vorzunehmen. Andererseits ist das für die hier wiedergegebene Untersuchung eigens entwickelte Methodeninventar zur Erfassung der kognitiven Repräsentation und der sensomotorischen Aktualisierung einer Bewegungsvorstellung in seiner Funktionsweise zu beschreiben; seine Konstruktionsvoraussetzungen und die zugrundegelegten interpretationsleitenden Annahmen sind offenzulegen und auf ihre Vereinbarkeit mit z.Z. diskutierten Grundannahmen und Modellvorstellungen zum sensomotorischen Lernen zu überprüfen. Akzeptanz und Verwertbarkeit der in dieser Untersuchung vorgestellten Ergebnisse beruhen letztlich sowohl auf der theoretischen Schlüssigkeit als auch auf der methodischen Qualität des selbstkonstruierten Lerntest-Instrumentariums.

Die Arbeit beginnt daher mit einem kurzen Abriß des von mir vertretenen theoretischen Ansatzes zur sensomotorischen Konzeptualisierung (2.1.1.). Kern dieser Überlegungen ist die Konzeption eines einheitlichen, semantischen Gedächtnisses, zu dem Bild-, Wort- und sensomotorische Programmarken gleichermaßen Zugang haben, und von dem aus diese jeweils generiert werden können. Innerhalb eines solchen "multimodal" zugänglichen, propositionalen Repräsentationssystems lassen sich dieser Vorstellung gemäß Begriffe zu

einer ausführungsleitenden "Bewegungsvorstellung" integrieren, die zugleich sensomotorisch relevante Aspekte im informationellen Umfeld und diesen entsprechende funktionelle Leistungen der an der Bewegungsproduktion beteiligten sensomotorischen Teilsysteme denotieren.

Die weiteren Ausführunggen zu einem solchen generalisierten, sensomotorisch relevanten begrifflichen Rahmenkonzept zielen auf dessen Objektivierung und Operationalisierung (2.1.2.). Sie stellen die eigentliche theoretische Grundlage dar für die Spezifikation der im Experiment eingesetzten Kriteriumsaufgabe (Lerngegenstand) und für die Entwicklung und Validierung des Lerntest-Instrumentariums. Im Ergebnis dieser Überlegungen wird einerseits auf eine unterrichtsnahe, didaktischen Entscheidungskriterien folgende Operationalisierung von objektiv zu registrierendem Lerngegenstand (Kriteriumsbewegung) und subjektiv, als Gedächtnisbesitz ausgebildeter Bewegungsvorstellung in ihrer jeweils entsprechungsgleichen Struktur abgestellt. Andererseits werden, ausgehend von der "target-Hypothese", Relationen von räumlich spezifizierten Körperpunkten und von körperrelativ bestimmten End- bzw. Richtungswechselpunkten von Teilbewegungen einschließlich der zeitlichen Ordnung (Reihenfolge) ihrer Ansteuerung als die letztlich entscheidenden Komponenten erkannt, die in jeder lernrelevanten Information ebenso wie in jeder ausführungsleitenden Gedächtnisrepräsentation einer artifiziellen Ganzkörperbewegung enthalten sein müssen. Befunde zur intersensorischen Transformation von Bewegungsentwürfen und der letztlich propositionale Charakter solcher Gedächtnisrepräsentationen eröffnen praktikable Möglichkeiten zu ihrer Objektivierung.

Im weiteren werden diese Vorstellungen mit experimentellen Befunden zu modalitätsspezifischen Enkodierungsstrategien und Speichervorgängen in Verbindung gebracht (2.2.). Hiernach sind entsprechende differentielle Behaltenseffekte u.U. auch für das Bewegungsneulernen zu erwarten. Insbesondere die Befunde zur "semantischen Diskrepanzhypothese" legen für die Organisation sensomotorischer Lehr-Lern-Prozesse die gezielte Ausnutzung bildhafter und verbaler Einflußfaktoren nahe, die allein schon durch ihr Zusammentreffen aufgrund ihrer modalitätsbedingten "nominalen" Diskrepanz, vor allem aber bei einer die kognitive Analyseebene des Rezipienten beeinflussenden Betrachtungsabfolge ("funktionale" Diskrepanz) lern- und behaltensfördernd wirksam werden sollen.

In der Konsequenz dieser Überlegungen gewinnt die Steuerung der visuellen Informationsaufnahme durch geeignete medientechnische Maßnahmen an Bedeutung. Befunde zum Einfluß habitueller Blickstrategien auf die Reihenfolge und das Ausmaß visueller Zuwendung zu Bild bzw. Text bei gleichzeitiger Darbietung werden gesichtet und im Zusammenhang mit der semantischen Diskrepanzhypothese als Einflußfaktoren auf die Gedächtnisleistung diskutiert (2.3.). Dabei zeichnen sich zu erwartende altersdifferentielle Effekte inbezug auf zu erwartende Plazierungs- und Modalitätseinflüsse deutlich ab. Eine experimentelle Kontrolle der Wirkung unterschiedlicher Visualisationsformen bei verschiedenen Altersgruppen scheint inanbetracht der Vielzahl interagierender Faktoren und einer in mancher Hinsicht völlig unzureichenden Datenbasis ohne Blickverhaltensanalysen nicht zu bewerkstelligen. Deren methodische Bedingungen und interpretativen Möglichkeiten werden insbesondere unter Validitätsgesichtspunkten diskutiert. Dabei zeichnet sich einerseits das Kurzzeitgedächtnis als modalitätsunabhängige Einflußgröße auf die Beziehung von Blickverhalten und Gedächtnisleistung ab. Andererseits werden eher globale Maße des Blickverhaltens mit z.T. summativem Charakter gegenüber eng detailbezogenen Kriterien im vorliegenden Fall als die geeignetere Form der interpretationsfähigen Aufbereitung von Blickverhaltens-Meßdaten angesehen.

Die Sichtung von Befunden zur Wechselwirkung von kognitiver Entwicklung und Lehrmaterial bei visuomotorischen Lernprozessen (vgl. 2.4.) schließlich läßt erwarten, daß einerseits Vpn mit geringerem kognitiven Entwicklungsstand eher bildbezogene Blickstrategien zeigen werden, daß sich aber andererseits gerade bei diesen Probanden eine kombinierte Bild-Text-Instruktion als besonders lernwirksam erweisen müßte: Die (z.T. altersgebundene) Entwicklung der Denkfähigkeit wird hier gerade in der Loslösung von bildhaften Vorstellungen, also als Abstraktionsprozeß gesehen, der auf der Ausbildung von kognitiven Schemata als Systemen von Klassifikationen und Beziehungsbildungen beruht. Die Kombination von Bild und Sprache kann daher diesen Prozeß bei Kindern u.U. unterstützen; bei Erwachsenen dagegen dürften angesichts erheblich differenzierterer epistemischer Strukturen ihrer Wissenspräsentation die Vorteile eines bimodalen Kodierungsformats der Lehrinformation erheblich weniger ins Gewicht fallen. Als ein im Rahmen der vorliegenden Arbeit praktikables Maß zur Abschätzung der kognitiven Leistungsfähigkeit wird schließlich die Kapazität des Kurzspeichers disku-

tiert. Jedoch wird zugleich deutlich, daß ein solches Leistungsmaß fluider Intelligenz ein theoretisch begründetes, differentielles Untersuchungsdesign (varianzanalytischer Ansatz) in keiner Weise ersetzen kann.

Die skizzierten theoretischen Vorüberlegungen werden nun einerseits in entsprechende Arbeitshypothesen überführt (vgl. 3.), und begründen andererseits, neben dem Untersuchungsdesign (4.1.), im Einzelnen die Auswahl, die Konstruktion und die experimental-methodische Applikation der in 4.4. beschriebenen Untersuchungsinstrumente sowie die Definition des Lerngegenstandes (4.2.).

Es werden Einflüsse der Informationsmodalität und der Plazierung auf die visuelle Zuwendung erwartet (generelle Bildpräferenz bei Kindern; bei Erwachsenen habituelle Präferenz der oberen Vorlagenhälfte). Weiter wird eine generelle Überlegenheit bimodaler (Bild und Text) gegenüber unimodalen Präsentationsformen angenommen (entweder Nur Bild oder Nur Text), die sich bei Kindern unmittelbar, bei Erwachsenen dagegen evtl. erst unter retention-Bedingungen auswirken sollte. Ferner werden Zusammenhänge von visueller Zuwendung und sensomotorischer Lernleistung postuliert; positive Effekte sollten hiernach aus der Betrachtungsabfolge (erst Bild, dann Text), aus einer bimodalen Betrachtungsstrategie und dort aus einer verstärkten Textzuwendung erwachsen. Daneben wird auf modalitätsübergreifende Effekte des Blickverhaltens (arealbezogene "Blickdichte" oder "sampling rate") ebenso wie auf Kurzzeitspeicher-Komponenten als relevanten Prädiktoren der sensomotorischen Lernleistung abgestellt (vgl. hierzu insgesamt 3.1. bis 3.4.).

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wird ein Acht-Gruppen-Versuchsplan gefahren (2 Altersstufen, 4 Treatmentstufen). Untersucht werden 9- bis 14jährige Kinder und Erwachsene (vgl. 4.3.). Als Treatmentstufen fungieren in ihrem informationellen Gehalt gleichwertige, in ihrer visuellen Gestaltung jedoch unterschiedliche Präsentationsformen der sensomotorisch relevanten Lehrinformation ("Bild/Text", "Text/Bild", "Nur Bild", "Nur Text"). Lerngegenstand ist eine gymnastische Ganzkörperbewegung, die mittels des feldexperimentell bzgl. seiner Lernwirksamkeit erprobten Lehrmaterials in einem 2-stufigen Prozeß vermittelt wird (vgl. 4.1. und 4.2.). Das entsprechend durchgeführte Experiment ist als Reiheneinzeluntersuchung aufzufassen;

der entsprechende Versuchsablauf ist in 4.5. beschrieben. Bei der Datenaufnahme und -aufbereitung wird das Blickverhalten stationär nach der Cornea-Reflex-Methode registriert; von entsprechenden Monitorsignalen liegt eine Videodokumentation vor. Die Datenabnahme hiervon erfolgt von Hand. Zur Registrierung der Bewegungsvorstellung dient ein eigens entwickelter und validierter Bildkartenauswahltest. Die Bewegungsausführung selber ist gleichfalls auf Video dokumentiert. Ihre Bewertung auf der Grundlage einer merkmalsbezogenen Fehlerwertanalyse anhand einer Kriterienliste durch geübte Beurteiler stellt das letztlich relevante Außenkriterium für die Bemessung des Lernerfolgs einzelner Vpn bzw. der Lernwirksamkeit verschiedener Präsentationsbedingungen dar (vgl. insgesamt 4.4.). Die datenspezifische Charakterisierung der Stichproben sowie Angaben zur Validität bzw. zur Auswertungsobjektivität des Lerntest-Instrumentariums und der Blickbewegungsregistrierung finden sich in 5.5.; insbesondere die Auswertungsobjektivität erscheint hiernach in hohem Maße gegeben.

Die Ergebnisse der an 100 Kindern und insgesamt 243 Erwachsenen unter Einschluß von drei Zusatzexperimenten (vgl. 5.6.) Untersuchung werden in 5. dargestellt und ausführlich diskutiert. Eine grobe Übersicht über den Bestätigungsgrad aller in 3. formulierten Hypothesen ist Abb. 36 zu entnehmen. Die wesentlichsten Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen (vgl. dazu im Einzelnen 5.1. bis 5.4. sowie 5.6.):

a) Gemessen am Ausmaß modalitätsbezogener visueller Zuwendung (Fixationszeit) bei vertikal angeordneten Bild-Text-Kombinationen steht die durchgängige Bevorzugung der oberen Vorlagenhälfte bei Erwachsenen einer ausgeprägten Bildpräferenz bei Kindern gegenüber.

b) Dabei zeigt sich jedoch eine bimodale Betrachtungsstrategie (Bild und Text einschließend) bei Kindern und tendenziell auch bei Erwachsenen einer nur unimodalen (vorwiegend auf die Bildkomponente beschränkten) Betrachtungsstrategie in der Lernwirksamkeit als überlegen.

c) Gemessen an der Bewegungsausführung erweisen sich auch insgesamt Bild-Text-Kombinationen gegenüber der Verwendung von Bildern oder Texten allein grundsätzlich als lernwirksamer; dieser Effekt zeigt sich bei Kindern bereits unmittelbar im Anschluß an die Informationsaufnahme,

bei Erwachsenen erst nach einem 10 minütigen Behaltensintervall (keine Rehearsalmöglichkeit!).

d) Ungeachtet der jeweiligen Plazierung von Bildern und Texten orientieren sich Erwachsene bei vertikaler Anordnungsstruktur in der Betrachtungsabfolge von oben nach unten. Bei Kindern ist der gleiche Effekt weniger stark ausgeprägt. In beiden Altersgruppen bleibt dieser Effekt jedoch ohne greifbaren Einfluß auf die sensomotorische Lernleistung.

e) Allerdings kann das allgemeine Grundraster visueller Zuwendung (mittlere Blickdichte, bei der Betrachtung statischen Lehrmaterial bei Kindern durchweg als Indikator für die Güte der nachfolgenden Bewegungsausführung herangezogen werden. Bei Erwachsenen steht dem gegenüber (unter der Voraussetzung einer bimodalen Betrachtungsstrategie) die modalitätsspezifische visuelle Zuwendung zugunsten der Textkomponente im Vordergrund.

f) In beiden Altersgruppen steht die Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzzeitspeicher in Zusammenhang mit der gewählten Betrachtungsstrategie (bimodal versus unimodal); bei Erwachsenen fungiert sie darüber hinaus als unmittelbarer Indikator für die sensomotorische Lernleistung.

Die Untersuchungsergebnisse stützen also auch für das sensomotorische Lernen die Annahme modalitätsspezifischer Interaktionsprozesse, die aufgrund einer nominalen Diskrepanz in einer differenzierteren, "tieferen" semantischen Verarbeitung des sensomotorischen Sollwerts resultieren und die Bewegungsausführung verbessern. Das Ausbleiben von Reihenfolgeeffekten (funktionale Diskrepanz) hingegen mag in der Komplexität des Präsentationsmaterials und in der weitgehenden pragmatischen Entsprechung von Bild und Text begründet sein.

Darüber hinaus gibt die vorliegende Untersuchung Anlaß, Verallgemeinerungen früherer Befunde aus Blickverhaltensanalysen zum Zusammenhang von visueller Zuwendung und Lernleistung kritisch zu überdenken: Zwar lassen sich, wie erwartet, mit zunehmendem Lernalter verstärkt formal-anordnungsstrukturbezogene Habitualisierungen im Blickverhalten nachweisen. Unter dem Gesichts-

Themenbereich		Effektkategorie	Merkmalsklasse	Hypothese	Bestätigungsgrad vollständig	teilweise	gar nicht
Einfluß von Modalität & Plazierung auf Blickverhalten	I	Modalitäts-effekte	Erstkontakt	A	++		
			Zuwendungsausmaß	B	++		
	II	Plazierungs-effekte	Erstkontakt	C	++		
			Betrachtungsabfolge	D	++		
			Zuwendungsausmaß	E		+	
	III	Prozeß-effekte	Erstkontakt	F	++		
			Betrachtungsabfolge	G	++		
			Zuwendungsausmaß	H		-	
Einfluß von materialgebundener Modalität & Anordnungsstruktur auf Lernleistung	I	Modalitäts-effekte	Kodierungskomplexität	I	(++)		
			Kodierungsmodalität	K	++		
			Lernalter-Interaktion	L	++		
	II	Plazierungseffekte	Anordnungsstruktur	M			--
	III	Prozeß-effekte	Kodierungskomplexität	N	(++)		
			Anordnungsstruktur	O			--
Zusammenhang von Blickverhalten & Lernleistung	I	Modalitäts-effekte	Betrachtungskomplexität	P		+	
			Zuwendungsausmaß	Q		+	
	II	Modalitätsübergreifende Effekte	Blickdichte	R		+	
	III	Reihenfolge-effekte	Erstkontakt	S	++		
			Betrachtungsabfolge	T			--
			Blickwechselstrategien	U	++		
	IV	Prozeß- & Trade-Off-effekte	Zuwendungsausmaß	V	++		
			Blickdichte	W		+	
			Trade-Off	X		+	
Zusammenhang von allgemeiner Intelligenz & Lernleistung		Vpn-Effekte	KZS-Kapazität	Y	++		

Abb. 36: Tabellarische Übersicht der Arbeitshypothesen und ihres jeweiligen Bestätigungsgrades
( ) = unter Berücksichtigung der Zusatzexperimente

punkt einer konsistenten Beziehung zwischen Blickverhalten und sensomotorischer Lernleistung treten jedoch eher solche Parameter des Blickverhaltens in den Vordergrund, die eher den allgemeinen Organisationsgrad der Informationsaufnahme und -verarbeitung und entsprechende kognitive Leistungen auszudrücken scheinen, und die folgerichtig auch systematischen Umstrukturierungen im Lernprozeßverlauf unterliegen. Weitgehend unabhängig vom konkreten Informationsangebot und seinen visuellen Details verweisen sie damit weniger auf präsentationsseitige, als vielmehr auf person- und aufgabenspezifische Einflußfaktoren. Solche Faktoren treten bei Erwachsenen u.a. in der unmittelbaren Beziehung von Kurzspeicherkapazität und sensomotorischer Lernleistung in Erscheinung, bei Kindern in der modalitätsübergreifenden mittleren Blickdichte und im Zusammenhang von Kurzspeicherkapazität und Betrachtungskomplexität (Nur Bild bzw. Bild und Text gemeinsam).

Die deutlichen altersdifferentiellen Effekte schließlich unterstreichen die Bedeutung von Entwicklungsvorgängen für die Ausbildung personinterner Strukturen des visuomotorischen Lernens. Dabei sind nicht nur ontogenetische Reifungs- und Optimierungsprozesse (z.B. die Zunahme der Kurzzeitspeicherkapazität) in Rechnung zu stellen, sondern vor allem auch Habituationsvorgänge (Blickverhalten; Modalitätspräferenzen) und die Aneignung von Kulturtechniken (Reduzierung der Bildpräferenz mit zunehmender Lesefähigkeit), sowie kognitive Strategie- und Schemabildungen (Generalisierung von Symbolbedeutungen; Utilisierung aufgabenspezifischer Vorerfahrung in Form von Bedeutungsstrukturen; konstruktives Schlußfolgern und formal-analytische Denkoperationen), deren Ausbildung eines adäquaten Sozialisationskontextes bedarf.

Neben diesen grundsätzlichen, theoretisch weitergreifenden Erwägungen seien zum Schluß noch einige medientechnologische Konsequenzen genannt, die sich aus den konkreten Untersuchungsergebnissen für visuell präsentierte Lehrmaterialien ableiten lassen:

Im Vordergrund steht hier zweifellos der lern- und behaltensfördernde Effekt einer bimodalen Zweifachkodierung, der durch eine verlängerte Präsentationszeit unimodalen Materials keineswegs aufgewogen werden kann, und damit die Forderung nach einer angemessenen Kodierungskomplexität visueller Lehrmittel: Das zum Aufbau ausführungsleitender Bewegungsvorstellungen eingesetzte Lehrmaterial sollte grundsätzlich sowohl eine sprachlich-begriffliche (Text), als

auch eine pragmatisch gleichwertige, ikono-grafische Komponente (Bild) enthalten. Beide Komponenten sollten geeignet sein, wechselseitig diejenigen Aussagen in einen eindeutigen semantischen Kontext zu überführen, die sich in der jeweils anderen Modalitätskomponente nicht oder nur schwer semantisch eindeutig fassen lassen. Ihre Plazierung allerdings ist für die Lernleistung ohne Belang.

Wesentlich ist dagegen die Sicherung einer bimodalen Betrachtungsstrategie: Mit Hilfe der Blickbewegungsregistrierung läßt sich effektiv kontrollieren (formative Evaluation), ob und in welchem Ausmaß unterschiedliche Zielgruppen bei gegebenem Präsentationsmaterial auf bimodale, oder aber auf wenig effektive, unimodale Betrachtungsstrategien zurückgreifen. Je nach dem Ergebnis wären dann die so geprüften Lehrmittel weiteren Evaluationsschritten zuzuführen (Lernwirksamkeit, etc.), oder aber zunächst in ihrer visuellen Gestaltung zu verändern. Die Berücksichtigung der Befunde, nach denen die konkrete Betrachtungsreihenfolge und diverse Blickwechselstrategien in beiden untersuchten Altersgruppen für den Lernerfolg praktisch ohne Belang sind, erleichtert ein solches analytisches Evaluationsverfahren erheblich und entlastet zugleich Konstruktion und Einsatz bimodaler visueller Lehrmedien von unnötigen Steuerungsmaßnahmen (Aufmerksamkeitslenkung; Darbietungsreihenfolge; Wiederholungsvorgaben; etc.).
Diese Tatsache, sowie der Umstand, daß Texte und Bilder im großen und ganzen zunächst jeweils für sich allein genommen vollständig betrachtet werden, bevor ein Modalitätswechsel stattfindet, stellen darüberhinaus einige gängige Gestaltungsprinzipien in Frage, wie z.B. die in mancher Hinsicht einengende Forderung einer räumlich eng aufeinander bezogenen, simultanen Darbietung von Bild und Text bei statischen Präsentationsformen: Zu garantieren wären lediglich die zeitliche Nähe in der Rezeption beider Komponenten und die Möglichkeit individuellen Rehearsals. Ebenso ist aber auch die Funktionalität von Texteinblendungen bei Lehrfilmen zu problematisieren: Insbesondere bei längeren Textphrasen sollten sich im Rahmen dynamischer Präsentationsformen zwischengeschaltete Zwischen-Texte als mindestens ebenso effektiv erweisen wie Texteinblendungen in Stand- oder gar in Bewegtbilder. Billiger und einfacher herzustellen sind sie allemal, und für den Betrachter vermutlich auch übersichtlicher.
Nach den vorliegenden Ergebnissen ist allerdings bei (jüngeren) Kindern, bzw. bei Lernern mit geringer Lesefähigkeit und (noch) wenig ausgeprägten epistemi-

schen Strukturen eine anteilmäßig starke Orientierung allein auf die Bildkomponente allgemein vorauszusetzen. Dieser Befund macht daher von vornherein weitergehende visualisations- und darbietungstechnische Maßnahmen erforderlich, um eine auch für diese Klientel effizientere bimodale Betrachtungsstrategie zu provozieren: In der Entwicklung und Erprobung solcher Maßnahmen (z.B. Lernleitzeichen, Farbmarkierungen, sukzessive Präsentation etc.) ist zweifellos eine wichtige Anschlußarbeit an die vorliegende Untersuchung zu sehen.

Zugleich unterstreicht dieser Befund altersdifferentiell unterschiedlichen Blickverhaltens die Notwendigkeit, visuelle Lehrmittel ggf. alters- bzw. zielgruppenspezifisch auszulegen. Auch hierbei dürfte, neben entsprechenden Lern- und Behaltenstests, die Blickbewegungsregistrierung ein unentbehrliches Hilfsmittel darstellen: Insgesamt gilt es, für unterschiedliche Zielgruppen die funktionale Bedeutung einzelner Visualisationskomponenten für die (visuelle) Informationsaufnahme und die weitere Informationsverarbeitung je nach Aufgabenstellung in ihrer Wechselwirkung genauer zu bestimmen, und eine von Fall zu Fall verschiedene, jeweils optimale Kombination solcher Komponenten vorzunehmen. Diese Forderung ist nicht nur mit Bezug auf Printmedien, sondern gerade auch im Hinblick auf die voranschreitende Implementierung von Bildschirmmedien zu erheben.

Daneben steht der Befund alters- und zielgruppenunspezifischer, aufgaben- und modalitätsindifferenter habitueller Blickmuster und ihrer Verstärkung bzw. Stabilisierung im Lernprozeßverlauf: Zweifellos stellt die bei vertikaler Anordnungsstruktur auch bei Kindern bereits mit der zweiten Lernaufgabe vorrangig von oben nach unten verlaufende Betrachtungsabfolge ein weitreichendes Mittel zur Steuerung der visuellen Informationsaufnahme dar, während entsprechende an die Zeichenmodalität (landläufig an die Bildkomponente) geknüpfte Erwartungen nachdrücklich zu relativieren sind (vgl. etwa KORB 1979). Solchen Habituationseffekten ist noch differenzierter nachzuspüren, um sie künftig bei der Medienproduktion von vornherein in Rechnung stellen zu können. Darüberhinaus deutet sich in den vorliegenden Ergebnissen aber auch schon die Möglichkeit an, funktionale Stereotype der visuellen Informationsaufnahme sowohl durch Lernprozeßverlaufsstrukturen in der jeweils konkreten Unterrichtseinheit, als auch durch eine weitgehende Vereinheitlichung von Gestaltungsnormen (z.B. eine Visualisations-Normierung in Form von DIN-Vorschriften) systematisch herbeizuführen. Auch dieser Gesichtspunkt gewinnt mit der Verbreitung von Bildschirm-

medien in Anbetracht derer flexiblen Gestaltungsmöglichkeiten einen hohen unterrichtstechnologischen Stellenwert.
Auf der anderen Seite verlieren unter der Voraussetzung einer schrittweisen, bzw. einer allgemein zeitlich erstreckten Informationsaufnahme und -verarbeitung solche habituellen Blickmuster an Relevanz für die Mediengestaltung, die in erster Linie für einmalige, und zumeist nur für kurzfristige und rasche Orientierungsleistungen bei unbekannten Materialstrukturen und Inhalten typisch sind (z.B. visueller Werbekontakt). Dies zeigt sich in der vorliegenden Arbeit u.a. beim visuellen Erstkontakt in der voranschreitenden Ablösung der ursprünglichen Bildpräferenz durch den Einfluß der vertikalen Anordnungsstruktur (Bevorzugung der oberen Vorlagenhälfte in der zweiten Lernaufgabe).
Auch verlieren verschiedentlich geäußerte Annahmen an Gewicht, Zeichenmodalität und/oder Anordnungsstruktur seien von besonderer Bedeutung für das Ausmaß visueller Zuwendung, die der einen oder der anderen Informationskomponente zuteil wird: Unter der Voraussetzung einer bimodalen Betrachtungsstrategie setzt sich nach den vorliegenden Ergebnissen im Lernprozeßverlauf mehr und mehr eine quantitative Gleichverteilung der visuellen Aufmerksamkeit auf Bild und Text durch, und zwar unabhängig von der Anordnungsstruktur und der Betrachtungsabfolge.

Die verschiedenen Befunde systematischer prozessualer Veränderungen in der Struktur des Blickverhaltens unterstreichen überdies die Notwendigkeit, den Einfluß kognitiver Erwartungshaltungen und komplexer Gedächtnisleistungen (Informationsverdichtung; Umkodierung; Begriffsbildung; kognitive Transformation) auf die visuelle Informationsaufnahme und damit auf den Gang der weiteren Informationsverarbeitung im Zuge des Lernprozeßverlaufs noch eingehender zu erforschen und bei der Medienvisualisation angemessen zu berücksichtigen.
Schon jetzt darf man anhand der hier vorgelegten Ergebnisse zumindest für Erwachsene auf eine wichtige Funktion der verbalen (sprachlichen) Informationskomponente bei zunehmenden Anforderungen an kognitive Integrationsleistungen und Gedächtnis schließen, wie sie zwingend bei zeitlich erstreckten, komplexen Lehr-Lern-Prozessen auftreten. Dieser Aspekt einer informationsverdichtenden, zeitlich sich erstreckenden Wirksamkeit der Textkomponente beim Bewegungsneulernen, wie er einerseits in dem an Erwachsenen durchgeführten Retention-Experiment (Reminiszenzeffekt!), andererseits in der statistisch bedeutsamen Beziehung von (quantitativer) Textzuwendung und sensomotorischer Lernleistung Erwachsener in der zweiten Lernaufgabe zum Ausdruck kommt, dürfte demnach

nicht nur unter statischen Präsentationsbedingungen, sondern auch für die Verwendung dynamischer Präsentationsformen (Film, Video, Fernsehen) wesentlich sein.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

ADAMS, J.A.: A closed-loop theory of motor learning. In: Journal of Motor Behavior (1971)3, 111-150

ADAMS, J.A.: Issues for a closed-loop theory of motor learning. In: STELMACH, G.E. (Hrsg.): Motor Control (Issues and trends). Academic Press, New York 1976, 87-107

ANDERSON, J.R.: Arguments concerning representations for mental imagery. In: Psychological Review 35 (1978), 249-277

ANDERSON, J.R./BOWER, G.H.: Human Associative Memory. Erlbaum, Hillsdale,N.J. 1973

ANTES, J.R.: The time course of picture viewing. In: Journal of Experimental Psychology 102 (1974)1, 62-70

ARBIB, M.A.: Interacting schemas for motor control. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. Amsterdam: North-Holland 1980, 71-81

ARBIB, M.A.: Perceptual structures and distributed motor control. In: BROOKS, U.B. (Hrsg.): Handbook of physiology, Vol. III: Motor control. American Physiological Society, Bethesda, M.D. 1981

ARMSTRONG, T.R.: Training for the production of memorized movement patterns. (Technical Report No. 26) Human Performance Center, University of Michigan, Ann Arbor, Mich. 1970

ATKINSON, R.C./SHIFFRIN, R.N.: Human Memory: A proposed system and its control processes. In: SPENCE, K.W./SPENCE, J.T. (Hrsg.): The psychology of learning and motivation. (Advances in research and theory, Vol. 2). New York 1968, 89-195

ATKINSON, R.C./SHIFFRIN, R.N.: The control of short-term memory. In: Scientific American 225 (1971), 82-90

ATTNEAVE, F.: Informationstheorie in der Psychologie. Bern - Stuttgart 1965

BARG, C.-D.: Messung und Wirkung der psychischen Aktivierung durch die Werbung. Dissertation, Universität Saarbrücken 1977

BARTLETT, F.C.: Remembering: A study in experimental and social psychology. Cambridge University Press, Cambridge 1932

BASCHEK, I.-L./BREDENKAMP, J./OEHRLE, B./WIPPICH, W.: Bestimmung der Bildhaftigkeit (I), Konkretheit (C) und der Bedeutungshaltigkeit (m') von 800 Substantiven. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 24 (1977), 353-396

BAUER, H.: Regulation of slow brain potentials affects task performance. In: ELBERT, TH./ROCKSTROH, B./LUTZENBERGER, W./ BIRBAUMER, N. (Hrsg.): Self-Regulation of the brain behavior. Berlin - Heidelberg - New York 1984, 216-226

BEHRENDS, G.: Werbewirkungsanalyse. Opladen 1976

BELLEZZA, F.S./GEISELMAN, R.E./ARONOVSKY, L.A.: Eye movements - under different rehearsal strategies. In: Journal of Experimental Psychology (Human Learning and Memory) 1 (1975), 673-679

BELMONT, J.M./BUTTERFIELD, E.C.: What the development of short-term memory is. In: Human Development 14 (1971), 236-248

BELSER, H.: Testentwicklung. Verfahren und Probleme der Entwicklung von Gruppen-Intelligenztests, dargestellt am Beispiel des Frankfurter Analogietests. Weinheim - Basel 1975

BERGSON, H.: Time and free will. (Muirhead Library of Philosophy) Humanities Press, Atlantic Highlands, N.J. 1971

BERNHARD, U.: Blickverhalten und Gedächtnisleistung beim visuellen Werbekontakt unter besonderer Berücksichtigung von Plazierungseinflüssen. Frankfurt/M. 1978

BERNSTEIN, N.A.: The coordination and regulation of movement. Pergamon Press, New York 1967

BERNSTEIN, N.A.: Bewegungsphysiologie. Hrsg. v. PICKENHAIN, L./ SCHNABEL, G., Leipzig 1975

BERTELSON, P.: Sequential redundancy and speed in a serial two choice responding task. In: Quarterly Journal of Experimental Psychology 12 (1961), 90-102

BERTELSON, P.: S-R relationships and reaction times to new versus repeated signals in a serial task. In: Journal of Experimental Psychology (1963), 478-484

BIRKHOLZ, M.: Erstellung und Validierung eines Lern-Kartensystems zum Erlernen einer gymnastischen Bewegung. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit, Freie Universität Berlin 1981

BIZZI, E.: Central and peripheral mechanisms in motor control. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 131-143

BJORK, R.A.: Short-term storage: The ordered output of a central processor. In: RESTLE, F./SHIFFRIN, R.M./CASTELLAN, N.J./ LINDMANN, H.R./PISON, D.B. (Hrsg.): Cognitive theory, Bd. 1. Halsted Press, New York, N.Y. 1975

BLISCHKE, K.: Die Entwicklung von Lehrprogrammen im Sportunterricht als Einheit von Praxisgestaltung und Lernforschung, dargestellt am Beispiel des Kraulschwimmens. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit zur II. Staatsprüfung für das Amt des Studienrats. Senator für Schulwesen, Berlin 1977

BLISCHKE, K.: Sensomotorische Sozialisationsbarrieren. Methodenkritische Überlegungen zu ihrer empirischen Erfassung. In: Sportunterricht 28 (1979)10, 365-373

BLISCHKE, K.: Lehrprogramme für den Schwimmunterricht. In: BLISCHKE, K./DAUGS, R./NEUBERG, E. (Hrsg.): Zur Theorie und Praxis des Lehrprogrammeinsatzes im Schwimmunterricht. Wuppertal 1980, 41-80

BLISCHKE, K.: Zur Bedeutung bildhafter und verbaler Information für die Ausbildung einer Bewegungsvorstellung unter besonderer Berücksichtigung von Plazierungseffekten und Lernalter - eine Voruntersuchung. In: DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Darstellung einzelner Voruntersuchungen und Erkundungsexperimente, Teil 5. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Medienvisualisation", Anlage Teil III, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1981

BLISCHKE, K./DAUGS, R.: Eine Untersuchung zum Nachweis sozialbedingter sensomotorischer Lernbarrieren. In: WEINBERG, P. (Hrsg.): Lehren und Lernen im Sport. Köln 1976, 9-30

BLISCHKE, K./DAUGS, R./NEUBERG, E.: Ein Lehrprogramm zum Erlernen des Delphinschwimmens. In: RECLA, J./RECLA, H./KOCH, K. (Hrsg.): Unterrichtsforschung und Unterrichtsgestaltung. Schorndorf 1976, 12-40

BLISCHKE, K./DAUGS, R./NEUBERG, E. (Hrsg.): Theorie und Praxis des Lehrprogrammeinsatzes im Schwimmunterricht. Wuppertal 1980

BLISCHKE, K./DAUGS, R./SPERLICH, M.: Untersuchungen zur Effektivität und Praktikabilität eines Lehrprogramms zum Erlernen des Kraulschwimmens in der schulischen Schwimmausbildung. In: VOLCK, G. (Hrsg.): Schwimmen in der Schule. Schorndorf 1977, 255-285

BLISCHKE, K./ZINKE, M.: Ein Bildkartenauswahlverfahren zur Beurteilung von Bewegungsvorstellungen. Vortrag gehalten auf dem 21. gpi-Symposium 2.-4. März 1983 in Dortmund. Kurzfassung in: Gesellschaft für Pädagogik und Information: "Bildschirm-Bildung". Abstractband. Paderborn 1983, 19-20

BOCK, M.: The influence of instructions on feature selection in semantic memory. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 15 (1976), 183-191

BOCK, M.: Levels of processing of normal and ambiguous sentences in different contexts. In: Psychological Research 29 (1978a), 183-194

BOCK, M.: Gedächtnispsychologische Aspekte der Bild-Satz-Interaktion. In: Bericht über den 31. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie 1978b, 111-113

BOCK, M.: Der Einfluß von Überschriften auf die (Re-)Produktion von Textstrukturen. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaften 22 (1981a), 51-65

BOCK, M.: Organisationsprozesse beim Behalten konkreter und abstrakter Wörter - ein Gedächtnis oder zwei? In: Zeitschrift für Semiotik 3 (1981b), 311-326

BOCK, M.: Zur Repräsentation bildlicher und sprachlicher Informationen im Langzeitgedächtnis - Strukturen und Prozesse. In: ISSING, L.J./HANNEMANN, J. (Hrsg.): Lernen mit Bildern. (AV-Forschung 25, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht) Grünwald 1983, 61-94

BOCK, M./HÖRMANN, H.: Der Einfluß von Bildern auf das Behalten von Sätzen. In: Psychologische Forschung 36 (1974), 343-357

BOCK, M./MILZ, B.: Pictorial context and the recall of pronoun sentences. In: Psychological Research 39 (1977), 202-220

BÖCKER, F./SCHWERDT, A.: Die Zuverlässigkeit von Messungen mit dem Blickaufzeichnungsgerät NAC Eye-Mark-Recorder 4 (Eine Methodenstudie auf experimenteller Grundlage). In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 28 (1981)3, 353-373

BÖS, K./MECHLING, H.: Ein Modell zur Vorhersagbarkeit motorischer Leistung. Eine kritische Analyse zum Einfluß physischer, psychischer und sozialer Variablen auf die motorische Leistung. In: Motorik 1 (1978)3, 82-87

BÖS, K./MECHLING, H.: Dimensionen sportmotorischer Leistungen. Schorndorf 1983

BORTZ, J.: Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler. Berlin - Heidelberg - New York 1979

BORTZ, J.: Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler. Berlin - Heidelberg - New York 1984

BOWER, G.H./KARLIN, M.B./DUECK, A.: Comprehension and memory for pictures. In: Memory and Cognition 3 (1975), 216-220

BRANDT, H.F.: Ocular patterns in visual learning. In: American Journal of Psychology 54 (1941), 528-535

BRANDT, H.F.: An evaluation of the attensity of isolation by means of ocular photography. In: American Journal of Psychology 55 (1942), 230-239

BRANSFORD, J.D./JOHNSON, M.K.: Contextual prerequisites for understanding: Some investigations for comprehension and recall. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 11 (1972), 717-726

BURESOVA, O.: Post-Pavlovian investigations of higher nervous activity in the USSR. In: ZEIER, H. (Hrsg.): Pawlow und die Folgen, Psychologie des 20. Jahrhunderts. Zürich 1977, 57-82

BURMEISTER, H.: Einführung des Kugelstoßens in einer 5. Klasse der Beobachtungsstufe. Ein multimedialer Unterrichtsversuch zur Überprüfung der Lerneffektivität. In: KOCH, K. (Hrsg.): Visuelle Medien in der Praxis des Sportunterrichts. Schorndorf 1976, 124-164

CARR, TH.H./BACHARACH, V.R.: Perceptual tuning and conscious attention: Systems of input regulation in visual information processing. In: Cognition 4 (1976), 281-302

CARPENTER, P.A./JUST, M.A.: Reading comprehension as eyes see it. In: JUST, M.A./CARPENTER, P.A. (Hrsg.): Cognitive processes in comprehension. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1977

CATTELL, R.B.: Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. In: Journal of Educational Psychology 54 (1963), 1-22

CHAPPLE, W.: Independence and interaction in behavioral units. (Commentary/Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 620-621

CLAUß, G./EBNER, H.: Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologen. Berlin (DDR) 1971

COHEN, A.S.: Der Einfluß von Schreib- und Lesegewohnheiten sowie von Händigkeit auf die Asymmetrie der visuellen Wahrnehmung. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 23 (1976a)3, 366-382

COHEN, A.S.: Asymmetrie in der Wahrnehmung von Bildern. In: Schweizerische Zeitschrift für Psychologie (1976b)1, 28-38

COHEN, A.S.: Is the duration of an eye fixation a sufficient criterion referring to information input? In: Perceptual Motor Skills (1977)45, 766

COLE, M./SCRIBNER, S.: Cross-cultural studies of memory and cognition. In: KAIL, R.V./HAGEN, J.W. (Hrsg.): Perspectives on the development of memory and cognition. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1977

CRAIK, F.I.M./LOCKHART, R.S.: Levels of processing: A framework for memory research. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 11 (1972), 671-684

CRAIK, F.I.M./TULVING, E.: Depth of processing and the retention of words in episodic memory. In: Journal of Experimental Psychology: General 104 (1975)3, 268-294

CRATTY, B.J.: Motorisches Lernen und Bewegungsverhalten. Frankfurt/M. 1975

CUBE, F.von: Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens. Stuttgart 1968

DANIELS, J.C.: Figure Reasoning Test. A nonverbal intelligence test. London 1971

DAUGS, R.: Programmierte Instruktion und Lerntechnologie im Sportunterricht. München 1979

DAUGS, R.: Zur Programmierung sensomotorischer Lernprozesse im Sportunterricht. In: BLISCHKE, K./DAUGS, R./NEUBERG, E. (Hrsg.): Zur Theorie und Praxis des Lehrprogrammeinsatzes im Schwimmunterricht. Wuppertal 1980, 21-40

DAUGS, R./BLISCHKE, K.: Bewegungslernen mit Bildern im Sport. In: ISSING. L.J./HANNEMANN, J. (Hrsg.): Lernen mit Bildern. (AV-Forschung 25, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht) Grünwald 1983, 110-124

DAUGS, R./BLISCHKE, K.: Sensomotorisches Lernen. In: CARL, K./ KAYSER, D./MECHLING, H./PREISING, W. (Hrsg.): Handbuch Sport. Düsseldorf 1984, 381-420

DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Zur Abhängigkeit des Fixationsmusters von der Aufgabenstellung. In: DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Darstellung einzelner Voruntersuchungen und Erkundungsexperimente, Teil 1. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Medienvisualisation", Anlage Teil III, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1981a

DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Zur Abhängigkeit des Fixationsmusters vom Könnensstand. In: DAUGS, R./ BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Darstellung einzelner Voruntersuchungen und Erkundungsexperimente, Teil 4. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Medienvisualisation", Anlage Teil III, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1981b

DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Darstellung einzelner Voruntersuchungen und Erkundungsexperimente. In: Unveröffentlichter Forschungsbericht "Medienvisualisation", Anlage Teil III, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1981c

DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Theoretische Grundlagen des visuellen Informationsumsatzes. Gesellschaft für Pädagogik und Information (Arbeitsgruppe Visualisation), Arbeitspapier Nr. 1. Paderborn 1982a

DAUGS, R./BLISCHKE, K./MARSCHALL, F./OLIVIER, N.: Die Blickbewegungsregistrierung als Untersuchungsmethode der Visualisation sensomotorischer Lehrmaterialien. Gesellschaft für Pädagogik und Information (Arbeitsgruppe Visualisation), Arbeitspapier Nr. 2. Paderborn 1982b

DAUGS, R./BLISCHKE, K./OLIVIER, N./BALSCHBACH, B./FEHRES, K.: Zum Problem der Anordnungsstruktur von Lehrbildreihen im Sport. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Visuomotorisches Lernen", Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1983

DAUGS, R./BLISCHKE, K./OLIVIER, N./BEYER, I.: Zum Einfluß der Bewegungsrealisierung auf den visuomotorischen Informationsumsatz beim Bewegungslernen. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Visuomotorisches Lernen", Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1983

DAUGS, R./BLISCHKE, K./OLIVIER, N./GENKE, I.: Zum Einfluß des Abstraktionsgrades von Lehrbildreihen auf das visuomotorische Lernen. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Visuomotorisches Lernen", Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1985

DAUGS, R./BLISCHKE, K./OLIVIER, N./GRAF, M.: Zum Einfluß einer differenzierten Sollwertvorgabe auf das Blickverhalten von Trainern und Athleten bei der Fehleridentifikation. Unveröffentlichter Forschungsbericht "Visuomotorisches Lernen", Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1983

DAUGS, R./NEUBERG, E.: Ein Lehrprogramm zum Erlernen des Ausgleichschwungs. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP) (Hrsg.): Sportfiltage '75 Oberhausen. Schorndorf 1977, 146-171

DAUGS, R./NEUBERG, E./PARPAT, J./WALZ, L.: Zur Konzeption der Skikurse im Rahmen des Hochschulsportmodells der TU Berlin. In: ADH-Schriftenreihe zum Hochschulsport 11 (1975), 12-28

DAVIES, G.M./MILNE, J.E./GLENNIE, B.J.: On the significance of "double encoding" for the superior recall of pictures to names. In: Quarterly Journal of Experimental Psychology 25 (1973), 413-423

DE GROOT, I.: Statistische Redundanzbildungsprozesse in ihrer Beziehung zur Intelligenz. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Psychologisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg 1974

DENNY-BROWN, D.: The physiological basis of perception and speech. In: HALPERN, L. (Hrsg.): Problems of dynamic neurology, studies on the higher functions of the human nervous system. Jerusalem 1963, 30-62

DENO, ST.L./JOHNSON, P.E./JENKINS, J.R.: Associative similarity of words and pictures. In: AV Communication Review 16 (1968), 280-286

DEV, P.: The reference trajectory as an organising principle. (Commentary/Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 622

DUDEL, J.: Allgemeine Sinnesphysiologie. In: SCHMIDT, R.F./ THEWS, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 20. Aufl. Berlin - Heidelberg - New York 1980, 191-208

EASTON, T.A.: Coordinative structures - the basis for a motor program. In: LANDERS, D.M./CHRISTINA, R.W. (Hrsg.): Psychology of motor behavior and sport. Human Kinetics, Champaign, Ill. 1978

EGGERT, D./SCHUCK, K.D.: Untersuchungen zu Zusammenhängen zwischen Intelligenz, Motorik und Sozialstatus im Vorschulalter. In: MÜLLER, H.J./DECKER, R./SCHILLING, F. (Hrsg.): Motorik im Vorschulalter. Schorndorf 1975, 67-82

ENGELKAMP, J./KRUMNACKER, H.: Zur aufmerksamkeitslenkenden Funktion der Satzstruktur. Manuskript der Universität des Saarlandes, Fachrichtung Psychologie. Saarbrücken 1977

ENGELKAMP, J./KRUMNACKER, H.: Satzstruktur und Bildverarbeitung. Manuskript der Universität des Saarlandes, Fachrichtung Psychologie. Saarbrücken 1978

ENGELKAMP, J./KRUMNACKER, H.: Imaginale und motorische Prozesse beim Behalten verbalen Materials. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 27 (1980)4, 511-533

ENGELKAMP, J./ZIMMER, H.D.: Zum Einfluß von Wahrnehmung und Tun auf das Behalten von Verb-Objekt-Phrasen. In: Sprache und Kognition (1983)2, 117-127

FARLEY, A.M.: A computer implementation of constructive visual imagery and perception. In: MONTY, R.A./SENDERS, J.W. (Hrsg.): Eye movements and psychological processes. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1976

FILLENBAUM, S.: Memory for gist: Some relevant variables. In: Language and Speech 9 (1966), 217-227

FISHER, D.F./KARSH, R./BREITENBACH, F.W./BARNETTE, B.D.: Eye movements and picture recognition: Contribution or embellishment. In: GRONER, R./MENZ, CH./FISHER, D.F./MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 193-210

FITTS, P.M./POSNER, M.I.: Human Performance. Brooks/Cole, Belmont, CA. 1967

FLAVELL, J.H./WELLMAN, H.: Metamemory. In: KAIL, R.V./HAGEN, J.W. (Hrsg.): Perspectives on the development of memory and cognition. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1977

FRANK, H.: Kybernetische Grundlagen der Pädagogik, Bd. 1 und Bd. 2. 2. Aufl. Baden-Baden 1969

FRANK, H.: Derzeitige Bemühungen um Erweiterung des informationspsychologischen Modells. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 18 (1977)3, 61-72

FRANK, H./MEDER, B.-S.: Einführung in die kybernetische Pädagogik. München 1971

FRANKS, J.J./BRANSFORD, J.D.: The acquisition of abstract ideas. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 11 (1972), 311-315

FUCHS, E./KRUBER, D.: Untersuchungen zur Effektivität von Arbeitskarten im Sport. In: Sportunterricht (Lehrhilfen) (1974)1, 1-7

FUCHS, E./KRUBER, D./CICURS, H.: Übungskarten Sonderturnen. Mappe I: Haltungsschulung. Mappe II: Koordinationsschulung. Bonn 1980

GAARDER, K.R.: Eye movements, vision and behavior. A hierarchical visual information processing model. Hemisphere/Wiley, Washington 1975

GAENSSLEN, H./SCHUBÖ, W.: Einfache und komplexe statistische Analyse. München - Basel 1973

GALLISTEL, C.R.: The organization of action: A new synthesis. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1980

GALLISTEL, C.R.: Précis of Gallistel's "The organization of action: A new synthesis". In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 609-619, 639-650

GEBAUER, G.: Symbolstrukturen und die Grenzen der Kunst. In: GEBAUER, G. (Hrsg.): Das Laokoon-Projekt. Pläne einer semiotischen Ästhetik. Stuttgart 1984, 137-165

GEORGOPOULOS, A.T.: Behavioral and neural aspects of modulation of arm movement trajectories. Paper presented on the 2nd Conference "Generation and Modulation of Action Patterns" of the research group: "Perception and Action" at the Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF), Bielefeld. Bielefeld, 22.-26.10.1984

GEUSS, H.: Was hat Lernen mit Gedächtnis zu tun? - Anmerkungen zu einigen Zusammenhängen. In: Protokoll des 19. Kybernetisch-pädagogischen Werkstattgesprächs, Berlin, 9.-11.1979, hrsg. vom Institut für Kybernetik der Pädagogischen Hochschule Berlin. Berlin 1979, 10-22

GIBSON, J.J.: Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung. Bern 1973

GIBSON, J.J.: Wahrnehmung und Umwelt. München 1982

GLASS, A.W./HOLYOAK, K.J./SANTA, J.L.: Cognition. Addison-Wesley, London 1979

GOMBRICH, E.H.: Vom Bilderlegen. In: GOMBRICH, E.H.: Meditationen über ein Steckenpferd. Frankfurt 1973

GOODMAN, N.: Sprachen der Kunst. Ein Ansatz zu einer Symboltheorie. Frankfurt 1973

GOULD, J.D.: Look at pictures. In: MONTY, R.A./SENDERS, J.W. (Hrsg.): Eye movements and psychological processes. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1976

GRONER, R.: Hypothesen im Denkprozeß. Grundlagen einer verallgemeinerten Theorie auf der Basis elementarer Informationsverarbeitung. Bern - Stuttgart - Wien 1978

GRONER, R./WALDER, F./GRONER, M.: Looking at faces: Local and global aspects of scanpaths. In: GALE, A.G./JOHNSON, F. (Hrsg.). Theoretical and applied aspects of eye movement research. North-Holland, Amsterdam 1984, 523-533

GRÜSSER, O.-J.: Gesichtssinn und Oculomotorik. In: SCHMIDT, R.F./THEWS, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 20. Aufl. Berlin - Heidelberg - New York 1980, 256-298

GUENTHER, R.K.: Conceptual memory for picture and prose episodes. In: Memory and Cognition 8 (1980), 563-572

GUTMAN, J.: Tachistoscopic tests of outdoor ads. In: JAR 12 (1972)4, 21-27

HAASE, H./MAYER, H.: Optische Orientierungsstrategien von Fechtern. In: Leistungssport 8 (1978), 191-200

HABER, R.N.: Control of eye movements during reading. In: MONTY, R.A./SENDERS, J.W. (Hrsg.): Eye movements and psychological process. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1976, 443-452

HABER, R.N.: Visual Perception. In: American Review of Psychology 29 (1978), 31-59

HABER, R.N./HERSHENSON, M.: The psychology of visual perception. Holt, Rinehart & Winston, London - New York 1973

HACKER, W.: Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie. Psychische Struktur und Regulation von Arbeitstätigkeiten. 2. Aufl. Berlin (DDR) 1978, 3. Aufl. Berlin (DDR) 1980

HACKER, W.: Handlungsregulation: Zur aufgabenabhängigen Struktur handlungsregulierender mentaler Repräsentationen. In: HACKER, W./VOLPERT, W./CRANACH, M.v. (Hrsg.): Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung. Bern 1983, 152-174

HAGEN, J.W./JONGEWARD, R.H./KAIL, R.V.: Cognitive perspectives on the development of memory. In: REESE, H.W. (Hrsg.): Advances in child development and behavior, Vol. 10. Academic Press, New York 1975

HALL, R.J.: Eye movement fixations and gating processes. In: MONTY, R.A./SENDERS, J.W. (Hrsg.): Eye movements and psychological processes. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1976

HANKE, U./WAGNER, C.: Möglichkeiten graphischer Gestaltung sportlicher Bewegungsabläufe. In: fus: Medien im Sport 6 (1984)1, 17-32

HANNEMANN, J.: Über das Lesen von Bildern. Wahrnehmungs- und gedächtnispsychologische Aspekte der Bilderfassung. In: ISSING, L.J./HANNEMANN, J. (Hrsg.): Lernen mit Bildern. (AV-Forschung 25, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht) Grünwald 1983, 40-60

HANNEMANN, J./ISSING, L.J.: Gedächtnispsychologische Grundlagen der Visualisation. In: Protokoll des 19. Kybernetisch-pädagogischen Werkstattgesprächs Berlin, 9.-11.11.1979, hrsg. vom Institut für Kybernetik der Pädagogischen Hochschule Berlin. Berlin 1979, 32-43

HATZE, H.: The complete optimization of a human motion. In: Mathematical Biosciences 28 (1976a), 99-135

HATZE, H.: Eine Fundamentalhypothese der Bewegungslehre des Sports. In: Sportwissenschaft 6 (1976b)2, 155-170

HATZE, H.: Sportbiomechanische Modelle und myokybernetische Bewegungsoptimierung. In: Sportwissenschaft 8 (1978)4, 393-405

HELLER, D.: Problems of on-line processing of EOG-data in reading. In: GRONER, R./MENZ, CH./FISCHER, D.F./MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 43-52

HELLER, D./MÜLLER, H.: On the relationship between saccade size and fixation duration in reading. In: GRONER, R./MENZ, CH./ FISCHER, D.F./MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 287-302

HENATSCH, H.-D.: Bauplan der peripheren und zentralen sensomotorischen Kontrollen. In: GAUER, O.H./KRAMER, K./JUNG, R. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Bd. 14 (Sensomotorik). München - Berlin - Wien 1976a, 193-263

HENATSCH, H.-D.: Zerebrale Regulation der Sensomotorik. In: GAUER, O.H./KRAMER, K./JUNG, R. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Bd. 14 (Sensomotorik). München - Berlin - Wien 1976b, 265-419

HINDER, E.: Effects of verbal and pictorial context cues on free recall and clustering of text themes. In: FLAMMER, A./ KINTSCH, W. (Hrsg.): Discourse Processing. North-Holland, Amsterdam 1982, 279-289

HO, L./SHEA, J.B.: Levels of processing and the coding of position cues in motor short-term memory. In: Journal of Motor Behavior 10 (1978), 113-121

HOFFMANN, J./KLIMESCH, W.: Die semantische Codierung von Wörtern und Bildern. In: Sprache und Kognition 1 (1984), 1-25

HOLLERBACH, J.M.: Effective procedures versus elementary units of behavior. (Commentary/Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 625-627

HOMMEL, H./STRÄHL, E.: Bericht zum Arbeitskreis "Bildreihen". In: SCHILLING, G./BAUR, W. (Hrsg.): Audiovisuelle Medien im Sport. Basel 1980, 53-54

HUSSY, W./SCHELLER, R.: Informationsverarbeitung und individuelle Differenzen. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 23 (1976), 605-622

HUSSY, W./SCHELLER, R.: Ein Modell zur Erklärung menschlichen Problemlösens. Empirische Befunde - Forschungsdefizite - heuristischer Wert. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 25 (1978), 95-112

HUSSY, W./VON EYE, A./FUNKE, J.: Gedächtnishemmungen, kognitiver Entwicklungsstand und Lernmaterial. In: Zeitschrift für erziehungswissenschaftliche Forschung 13 (1979)1, 9-33

INTRAUB, H.: The role of implicit naming in pictorial encoding. In: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory 5 (1979), 78-87

JENSEN, A.R./FIGUEROA, R.A.: Forward and backward digit span interaction with race and IQ: Predictions from Jensen's Theory. In: Journal of Educational Psychology 67 (1975), 882-893

JOHANSSON, G.: Visual perception of biological motion and a model for its analysis. In: Perception and Psychophysics 14 (1973)2, 201-211

JOHANSSON, G.: Spatio-temporal differentiation and integration in visual motion perception. In: Psychological Research 38 (1976), 379-393

JOHANSSON, G.: About the geometry underlying spontaneous visual decoding of the optical message. In: LEUWENBERG, E.L./ BUFFART, H.F.J.: Formal theories of visual perception. Wiley, New York 1978, 256-276

JÖRG, S./HÖRMANN, H.: The influence of general and specific verbal labels on the recognition of labeled and unlabeled parts of pictures. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 17 (1978), 445-454

JUDD, C.H.: The relation of special training to general intelligence. In: Educational Reviw 26 (1908), 28-42

JUNG, R.: Einführung in die Bewegungsphysiologie. In: GAUER, O.H./KRAMER, K./JUNG, R. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Bd. 14 (Sensomotorik). München - Berlin - Wien 1976, 1-98

JUST, M.A./CARPENTER, P.A.: Eye fixations and cognitive processes. In: Cognitive Psychology 8 (1976), 441-480

KAIL, R.V.: Die Entwicklung des Gedächtnisses. In: MONTADA, L. (Hrsg.): Brennpunkte der Entwicklungspsychologie. Stuttgart 1979

KALB, R.: Das Lernen in Computerprogrammen als Modell des Lernens im Gehirn. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft/Humankybernetik 25 (1984)2, 73-86

KALBERMATTEN, U.: The self-confrontation interview. An evaluation of a research method. (Research reports from the department of psychology, Heft 3) Bern 1982

KALBERMATTEN, U.: Selbstkonfrontation: Eine Methode zur Erhebung kognitiver Handlungsrepräsentationen. In: LENK, H. (Hrsg.): Handlungstheorien - interdisziplinär, Bd. 3, 2. Halbbd. München 1984, 659-679

KAMINSKI, G.: Bewegungshandlungen als Bewältigung von Mehrfachaufgaben. In: Sportwissenschaft 3 (1973), 233-250

KAMINSKI, G.: Überlegungen zur Funktion von Handlungstheorien in der Psychologie. In: LENK, H. (Hrsg.): Handlungstheorien - interdisziplinär, Bd. 3, 1. Halbbd. München 1981, 93-121

KAMIYA, J.: On the relationship among subjective experience, behavior, and physiological activity in biofeedback learning. In: ELBERT, TH./ROCKSTROH, B./LUTZENBERGER, W./ BIRBAUMER, N. (Hrsg.): Self-regulation of the brain and behavior. Berlin - Heidelberg - New York 1984, 245-254

KARSH, R./BREITENBACH, F.W.: Looking at looking: The amorphous fixation measure. In: GRONER, R./MENZ, CH./FISHER, D.F./ MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 53-64

KEELE, S.W.: Behavioral analysis of motor control. In: BROOKS, V.B. (Hrsg.): Handbook of physiologiy, Vol. III: Motor control. American Physiological Society, Bethesda, M.D. 1981

KELLER, H.: Unterrichtsversuche zum Vergleich verschiedener Unterrichtsmethoden unter Verwendung visueller Medien. In: KOCH, K. (Hrsg.): Visuelle Medien in der Praxis des Sportunterrichts. Schorndorf 1976, 172-225

KELSO, J.A.S./HOLT, K.G.: Exploring a vibratory systems analysis of human movement production. In: Journal of Neurophysiology 43 (1980), 1183-1196

KLIEGL, R.: Repräsentation von Blickbewegungen auf der Grundlage bedingter Wahrscheinlichkeiten. Paper presented auf der Arbeitstagung "Bildverarbeitung und Bildgestaltung" (Kognitionspsychologische Aspekte visueller Informationsverarbeitung), Internationales Institut für Medien und Entwicklung e.V. und Freie Universität Berlin. Berlin, 20.-21.7.1984

KLIMESCH, W.: Vergessen: Interferenz oder Zerfall? Über neuere Entwicklungen der Gedächtnispsychologie. In: Psychologische Rundschau 30 (1979)2, 110-131

KLIMESCH, W.: Die Bedeutung der Verbalisierung für die Merkleistung komplexer Bilder. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 27 (1980), 245-256

KLIMESCH, W.: Die Encodierung von Begriffen auf der Basis von Merkmalsstrukturen. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 28 (1981)4, 609-636

KLIMESCH, W.: Die semantische Encodierung von Bildern. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 29 (1982a)3, 472-504

KLIMESCH, W.: Verbal processes in visual short- and long-term memory: Evidence against the hypothesis of independent visual and verbal codes? In: International Journal of Psychology 17 (1982b), 9-17

KLIX, F.: Information und Verhalten. Berlin (DDR) 1971

KLIX, F.: Die Allgemeine Psychologie und die Erforschung kognitiver Prozesse. In: Zeitschrift für Psychologie, Bd. 188 (1980)II.2, 117-139

KLIX, F.: Über Struktur und Funktion des semantischen Gedächtnisses. In: HECHT, K./POPPEL, M./RÜDIGER, W./SEIDEL, K. (Hrsg.): Zentralnervensystem. Entwicklung - Störungen - Lernen - Motivation. Berlin (DDR) 1981, 219-237

KLIX, F.: Vortrag am Max-Planck-Institut Berlin/West am 27.11.1984

KOCH, K./NETT, T.: Lehrbildreihen zur Grundausbildung in der Leibeserziehung. Serie 2, Leichtathletik, Teil A, Lauf und Sprung. Schorndorf 1969

KOCH, K./NETT, T.: Lehrbildreihen zur Grundausbildung in der Leibeserziehung. Serie 3, Leichtathletik, Teil B, Wurf und Stoß. Schorndorf 1970

KÖRNDLE, H.: Zur kognitiven Steuerung des Bewegungslernens. Dissertation, Universität Oldenburg 1983

KOLERS, P.A.: Reading pictures and reading text. In: PERKINS, D./LEONDAR, B. (Hrsg.): The arts and cognition. John Hopkins University Press, Baltimore, M.D. 1977

KORB, W.: Grundlagen anschaulicher Gestaltung von Diagrammen im Naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Zeitschrift Neue Unterrichtspraxis 12 (1979)7, 416-422

KORNHUBER, H.H.: Blickmotorik. In: GAUER, O.H./KRAMER, K./JUNG, R. (Hrsg.): Sinnesphysiologie III. Physiologie des Menschen, Bd. 13 (Sehen). München - Wien - Baltimore 1978, 357-426

KRAUSE, B.: Experimental analysis of formation of internal problem representation. In: Zeitschrift für Psychology 187 (1979), 396-405

KROEBER-RIEL, W.: Menschen im Labor - Moderne Technik in der Kommunikationsanalyse. In: Kommunikation kennt keine Grenzen. Dokumentation vom BDW Congress '77 in Hamburg, 18.-20.5.1977

KROEBER-RIEL, W.: Konsumentenverhalten. München 1980

KRUBER, D./FUCHS, E.: Programmiertes Lehren und Lernen im Sportunterricht. Lehrprogramme in der Leichtathletik, Serie I: Weitsprung - Dreisprung. Schorndorf 1973

KRUBER, D./FUCHS, E./CORDS, J.: Programmiertes Lehren und Lernen im Sportunterricht. Lehrprogramme in der Leichtathletik, Serie II: Straddle - Flop - Stabhochsprung. Schorndorf 1975

KRUBER, D./FUCHS, E./STOLTE, H.: Untersuchungen über den Einfluß von Bewegungszeichnungen auf das Verständnis schriftlich fixierter Bewegungsanweisungen. In: Sportunterricht (1977)9, 303

KRUBER, D./FUCHS, E./STOLTE, H./LUDWIG, J./WEHR, G.: Untersuchungen zu einigen Struktur- und Einsatzproblemen von Einsatzmaterialien für den Sportunterricht. Unveröffentlichtes Manuskript 1978

KRUBER, D./FUCHS, E. und Mitarbeiter: Gestaltung und Präsentation von Bildmaterial zum Sportunterricht. In: AV-Forschung 21, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht. Grünwald 1980, 81-95

KRUBER, D./KRUBER, A./FUCHS, E.: Arbeitskarten für den Sportunterricht. Mappe I: Allgemeine Konditionsschulung, Teil II. Schorndorf 1975

KRUSE, P./STADLER, M./VOGT, S./WEHNER, T.: Raum-zeitliche Integration wahrgenommener Bewegung durch Frequenzanalyse. In: Gestalt Theory 5 (1983)2, 83-113

KUGLER, P.N./KELSO, J.A.S./TURVEY, M.T.: On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical line. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 3-47

KÜPFMÜLLER, K.: Grundlagen der Informationstheorie der Kybernetik. In: GAUER, O.H./KRAMER, K./JUNG, R. (Hrsg.): Physiologie des Menschen, Bd. 10 (Allgemeine Neurophysiologie). 2. Aufl. München - Berlin - Wien 1974, 209-247

LANDA, L.N.: Algorithmierung im Unterricht. Berlin (DDR) 1969

LANDAU, B./GLEITMAN, H./SPELKE, E.: Spatial knowledge and geometric representation in a child from birth. In: Science (1981) i.D.

LANG, P.J.: Dead souls.: Or why the neurobehavioral science of emotion should pay attention to cognitive science. In: ELBERT, TH./ROCKSTROH, B./LUTZENBERGER, W./BIRBAUMER, N. (Hrsg.): Self-regulation of the brain and behavior. Berlin - Heidelberg 1984, 255-272

LASHLEY, K.S.: The problem of serial order in behavior. In: JEFFRESS, L.A. (Hrsg.): Cerebral mechanisms in behavior. Wiley, New York 1951

LEE, D.N.: Visuo-motor control in space-time. In: STELMACH, G.E./ REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 281-295

LEE, D.: Visual modulation of locomotor synergies. Paper presented on the 2nd Conference "Generation and Modulation of Action Pattern" of the research group: "Perception and Action" at the Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) Bielefeld. Bielefeld, 22.-26.10.1984

LEE, T.D./MAGILL, R.A.: The locus of contextual interference in motor-skill acquisition. In: Journal of Experimental Psychology: Learning, memory and cognition 9 (1983)4, 730-746

LEHRL, S.: Subjektives Zeitquant und Intelligenz. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 15 (1974)3, 91-96

LEHRL, S.: Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B). Erlangen 1977

LEHRL, S.: Zur Gedächtnisabhängigkeit von Intelligenzleistungen. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 20 (1979)1, 1-13

LEHRL, S./ERZIGKEIT, H.: Determiniert der Kurzzeitspeicher das allgemeine Intelligenzniveau? In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 17 (1976)4, 109-119

LEHRL, S./ERZIGKEIT, H./GALSTER, V.J.: Versuch der unverzerrten Messung der Gegenwartsdauer. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 18 (1977)1, 1-11

LEHRL, S./GALLWITZ, A./BLAHA, L.: Kurztest für Allgemeine Intelligenz KAI. Vaterstetten 1980

LEIRICH, J.: Bewegungsvorstellungen und motorischer Lernprozeß. In: Körpererziehung 23 (1973), 13-27

LEIST, K.-H.: Transfer im Sport. Schorndorf 1978

LEIST, K.-H.: Vernachlässigte Bewegungsgrundlagen für die Konstruktion von Lehr-Lern-Modellen. In: Sportpädagogik, Sonderheft (1983a)1, 13-22

LEIST, K.-H.: Körpererfahrung. In: Sportpädagogik, Sonderheft (1983b)1, 23-34

LEIST, K.-H.: Das offene Wahrnehmungsproblem in der Diskussion um Lehr-Lernmodelle. In: RIEDER, H./BÖS, K./MECHLING, H./ REISCHLE, K. (Hrsg.): Motorik- und Bewegungsforschung: Ein Beitrag zum Lernen im Sport. Schorndorf 1983c, 269-271

LEIST, K.-H.: Wahrnehmung als integraler Bestandteil einer Bewegungstätigkeit im Tennis. In: DVS-Protokolle 13/14 (Red.: KÄHRER): Bewegungswahrnehmung und Bewegungsvermittlung im Tennis. Clausthal-Zellerfeld 1984, 8-31

LEIST, K.-H./LOIBL, J.: Praxisrelevante Grundlagenaspekte der Bewegungswahrnehmung aus der Sicht der sportwissenschaftlichen Bewegungslehre. In: RIEDER, M./BÖS, K./MECHLING, H./ REISCHLE, K. (Hrsg.): Motorik- und Bewegungsforschung: Ein Beitrag zum Lernen im Sport. Schorndorf 1983, 260-264

LEIST, K.-H./LOIBL, J.: Aufbau und Bedeutung kognitiver Repräsentationen für das motorische Lernen im Sportunterricht. Manuskript o.O./o.J., 33 Seiten

LEVEY, A.B./MARTIN, I.: Cognitions, evaluations and conditioning: Rules of sequence and rules of consequence. Cambridge University Press, Cambridge 1983

LEVY-SCHOEN, A./O'REGAN, K.: The control of eye movements in reading. In: KOLERS, P.A./WROLSTAD, M.E./BOUMA, H. (Hrsg.): Processing of visible language, Vol. 1. Plenum Press, New York 1979

LIENERT, G.A.: Verteilungsfreie Methoden der Biostatistik, dargestellt an Beispielen aus der psychologischen, medizinischen und biologischen Forschung. Meisenheim: Hain 1962

LIENERT, G.A.: Verteilungsfreie Methoden der Biostatistik, Band 1. Meisenheim: Hain 1973

LIENERT, G.A.: Verteilungsfreie Methoden der Biostatistik, Band 2. Meisenheim: Hain 1975

LINDSAY, P.H./NORMAN, D.A.: Human information processing - An introduction for psychology. Academic Press, New York - London 1972

LOCKHART, R.S./CRAIK, F.I.M./JACOBY, L.L.: Depth of processing in recognition and recall. Some aspects of general memory systems. In: BROWN, H. (Hrsg.): Recognition and Recall. London 1975, 75-102

LOFTUS, G.R.: Eye fixations and recognition memory for pictures. In: Cognitive Psychology 3 (1972), 525-551

LOFTUS, G.R.: A framework for a theory of picture recognition. In: MONTY, R.A./SENDERS, J.W. (Hrsg.): Eye movements and psychological process. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1976, 499-514

LOFTUS, G.R./LOFTUS, E.F.: Human memory. The processing of information. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1976

LOIBL, J.: Untersuchungen zur Wahrnehmung von Fremdbewegungen. In: RIEDER, M./BÖS, K./MECHLING, H./REISCHLE, K. (Hrsg.): Motorik- und Bewegungsforschung: Ein Beitrag zum Lernen im Sport. Schorndorf 1983, 266-269

LÖRTSCHER, H.: Kriterien der Reihenbildproduktion. In: SCHILLING, G./BAUR, W. (Hrsg.): Audiovisuelle Medien im Sport. Basel 1980, 65-73

MACKAY, D.G.: Behavioral plasticity, serial order, and the motor program. (Commentary/Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 630-631

MACKWORTH, N.H./BRUNER, J.S.: How adults and children search and recognize pictures. In: Human Development 13 (1970), 149-177

MACNEILAGE, P.F.: The motor control of serial ordering in speech. In: Psychological Review 77 (1970), 182-196

MACNEILAGE, P.F.: In: GILBERT, J.H. (Hrsg.): Speech and cortical functioning. Academic Press, New York 1973, 1-72

MACNEILAGE, P.F.: The control of speech production. In: YENI-KOMSHIAN, G.H./KAVANAGH, J.F./FERGUSON, C.A. (Hrsg.): Proceedings of the conference on child phonology: Perception, Production and Deviation. 1979a

MACNEILAGE, P.F.: Speech production. Proceedings of the 9th International Congress of Phonetic Sciences. Copenhaben, August 6-11, 1979b

MACNEILAGE, P.F./MACNEILAGE, L.A.: Central processes controlling speech production in sleep and waking. In: MCGUIGAN, F.J./SCHOONOVER, R.A. (Hrsg.): The psychology of thinking. Academic Press, New York 1973, 417-448

MANDEL, T.S.: Eye movement research on the propositional structure of short texts. In: Behavior Research Methods and Instrumentation 11 (1979), 180-187

MANDERL, I.M./ROBINSON, C.A.: Development changes in picture recognition. In: Journal of Experimental Child Psychology 23 (1978), 122-136

MASCHARK, M./PAIVIO, A.: Integrative processing of concrete and abstract sentences. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 16 (1977), 217-231

MAURITZ, K.: The role of the premotor cortex in the planning of movements. Paper presented on the 2nd Conference "Generation and Modulation of Action Patterns" of the research group: "Perception and Action" at the Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZIF) Bielefeld. Bielefeld, 22.-26.10.1984

MC CONKIE, G.W./RAYNER, K.: The span of the effective stimulus during a fixation in reading. In: Perception and Psychophysics 17 (1975)6, 578-586

MC GINNIES, E.: Emotionality and perceptual defense. In: Psychological Review 56 (1949), 244-251

MEINEL, K.: Bewegungslehre. Berlin (DDR) 1971

MEINEL, K./SCHNABEL, G.: Bewegungslehre. Berlin (DDR) 1976

MELTON, A.W.: Individual differences and theoretical process variables: General comments on the conference. In: GAGNE, R.M. (Hrsg.): Learning and individual differences. Merrill, Columbus, OH. 1967

MERTON, P.A.: How we control the contraction of our muscles. In: Scientific American 226 (1972), 30-37

METZLER, P.: Über Zusammenhänge zwischen Bildkodierung und Begriffsrepräsentation im menschlichen Gedächtnis. Dissertation, Humboldt-Universität Berlin, 1978

MILLER, G.A.: The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. In: Psychological Review 63 (1956), 81-97

MILNER, P.M.: A small fly in some beneficial ointment. (Commentary/Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 632-633

MÖCKEL, W./HEEMSOTH, C.-H./HOTZ, A.: Zur Wahrnehmung von Körperbewegungen im Sport: Blickverhalten in Abhängigkeit vom Wissen über den Bewegungsablauf. In: Sportwissenschaft 14 (1984), 283-292

MÜNCH/COUTURIER: In: Psychologie heute 7 (1977), zit. bei BOCK, M. (1983, 76f): Zur Repräsentation bildlicher und sprachlicher Informationen im Langzeitgedächtnis - Strukturen und Prozesse. In: ISSING, L.J./HANNEMANN, J. (Hrsg.): Lernen mit Bildern. (AV-Forschung 25, Wissenschaftliche Schriftenreihe des Instituts für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht) Grünwald 1983, 61-94

NEISSER, U.: Kognitive Psychologie. Stuttgart 1974

NEISSER, U.: Cognition and reality. Freeman, San Francisco 1976

NELSON, D.L./REED, V.S.: On the nature of pictorial encoding: A levels-of-processing analysis. In: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory 2 (1976), 49-57

NELSON, TH.O./REED, D.A./METZLER, J.: Role of details in the long-term recognition of pictures and verbal descriptions. In: Journal of Experimental Psychology 102 (1974), 184-186

NEUMAIER, A.: Visuelle Informationsaufnahme sportlicher Bewegungsabläufe. Dissertation, Deutsche Sporthochschule Köln 1979

NICOLIS, G./PRIGOGINE, J.: Self-organization in nonequilibrum systems: From dissipative structures to order through fluctuations. Wiley, New York 1977

NIEKAMP, W.E.: An exploratory analysis of selected factors of pictorial compositions through the ocular photography of eye-movements. Dissertation, Indiana University, Bloomington, IN 1971

NORMAN, D.A./RUMELHART, D.E.: Explorations in cognition. Freeman, New York, N.Y. 1975

OLIVIER, N.: Zum Einfluß dynamischer Präsentationsvarablen auf das visuomotorische Lernen. In: Unveröffentlichter Forschungsbericht "Visuomotorisches Lernen", Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISP), Köln 1983

OLIVIER, N.: On determining quantitative discrepancies between index values and actual values of a figurative movement. In: Vth School on Biomechanics and Teaching Motor Skills. Przesieka 1985 (Kongreßbericht, i.D.)

PAILLARD, J.: The multichanneling of visual cues and the organization of a visually guided response. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 259-279

PAIVIO, A./FOTH, D.: Imaginal and verbal mediators and noun concreteness in paired associate learning: The elusive interaction. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 9 (1970), 384-390

PAIVIO, A./ROBERS, T.B./SMYTHE, P.C.: Why are pictures easier to recall than words? In: Psychonomic Science 11 (1968), 137-138

PARIS, S.G./LINDAUER, B.K.: The role of inference in children's comprehension and memory for sentences. In: Cognitive Psychology 8 (1976), 217-227

PELLEGRINO, J.W./ROSINSKI, R.R./CHIESI, H.L.: Picture-word differences in decision latency: An analysis of single and dual memory models. In: Memory and Cognition 5 (1977), 383-396

PEW, R.W.: A distributed processing view of human motor control. In: PRINZ, W./SANDERS, A.F. (Hrsg.): Cognition and motor processes. Berlin - Heidelberg - New York 1984, 19-27

PIAGET, J.: Psychologie der Intelligenz. Zürich 1948

PIAGET, J.: The origins of intelligence in children. International University Press, New York 1961

PICKENHAIN, L.: Goal-directed behavior and self-regulation in the organism. In: ELBERT, TH./ROCKSTROH, B./LUTZENBERGER, W./ BIRBAUMER, N. (Hrsg.): Self-regulation of the brain and behavior. Berlin - Heidelberg 1984, 273-276

PÖHLMANN, R.: Möglichkeiten zur Effektivierung sportmotorischer Lernprozesse, Teil I und II. In: Körpererziehung 27 (1977), 197ff, 268-278

POLLATSEK, A./BOLOZKY, S./WELL, A.D./RAYNER, K.: Asymmetries in the perceptual span for Israeli readers. In: Brain and Language 14 (1981), 174-180

PRIESTER, H.J.: Intelligenztests für Erwachsene. In: Handbuch der Psychologie, Bd. 6. Göttingen 1964

PRINZ, W.: Auditive und artikulatorische Störbarkeit visueller Suchprozesse. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 25 (1978), 441-455

PRINZ, W.: Asymmetrical control areas in continuous visual search. In: GRONER, R./MENZ, CH./FISHER, D.F./MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 85-100

PRINZ, W.: Ideomotorik und Isomorphie. In: NEUMANN, O. (Hrsg.): Perspektiven der Kognitionspsychologie. Berlin - Heidelberg - New York 1984 i. D.

PRINZ, W./RÜBENSTRUNK, G.: Suchen als Thema der Experimentalpsychologie: Zur Steuerung visueller Suchprozesse. In: Psychologische Rundschau 30 (1979)3, 198-218

PYLYSHIN, Z.W.: What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. In: Psychological Bulletin 80 (1973), 1-24

PYLYSHIN, Z.W.: The imagery debate: Analogue Media versus tacit knowledge. In: Psychological Review 88 (1981)1, 16-45

RASCH, G.: Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. Kopenhagen: The Danish Institute for Educational Research 1960

RAYNER, K./WELL, A.D./POLLATSEK, A.: Asymmetry of the effective visual field in reading. In: Perception and Psychophysics 27 (1980), 537-544

REED, E.S.: Can mental representations cause behavior? (Commentary/Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 635-636

REINFRANK, U.: Lehr- und Lerntafeln für den Sportunterricht. In: SCHILLING, G./BAUR, W. (Hrsg.): Audiovisuelle Medien im Sport. Basel 1984, 74-84

RITTER, K.: Development of production and maintenance of a retrieval cue strategy. Unveröffentlichte Dissertation, University of Minnesota 1975

RITZDORF, W.: Visuelle Wahrnehmung und Antizipation. Schorndorf 1982

ROCKMANN, U.: Statistikprogramme für Sozialwissenschaftler. Unveröffentlichtes Skript, Berlin 1982

ROITBLAT, H.L.: Gallistel's metatheory of action. (Commentary/ Gallistel's: Organization of action) In: The Behavioral and Brain Sciences (1981)4, 637-638

ROSCH, E.H.: On the internal structure of perceptual and semantic categories. In: MOORE, T.E. (Hrsg.): Cognitive development and acquisition of language. Academic Press, New York 1973, 113-144

ROSENBAUM, D.A./SALTZMAN, E.: A motor-program editor. In: PRINZ, W./SANDERS, A.F. (Hrsg.): Cognition and motor processes. Berlin - Heidelberg - New York 1984, 51-61

ROSENBAUM, D.: Programming of rapid finger sequences through hierarchical editing. Paper presented on the 2nd Conference "Generation and Modulation of Action Patterns" of the research group: "Perception and Action" at the Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) Bielefeld, Bielefeld, 22.-26.10.1984

ROTH, K.: Strukturanalyse koordinativer Fähigkeiten. In: RIEDER, H. (Hrsg.): Beiträge zur Bewegungsforschung im Sport, Bd. 6. Bad Homburg 1982

RUCH, F.L./ZIMBARDO, P.G.: Lehrbuch der Psychologie. Berlin - Heidelberg - New York 1974

RUNDUS, D.: Analysis of rehearsal processes in free-recall. In: Journal of Experimental Psychology 99 (1971), 63-77

RUSSEL, D.G.: Doctoral dissertation. The University of Michigan, Ann Arbor 1974a

RUSSEL, D.G.: Location cues and the generation of movement. A paper presented at the North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity. Anaheim, CA 1974

RUSSEL, D.G.: Spatial location cues and movement production. In: STELMACH, G.E. (Hrsg.): Motor Control - Issues and Trends. New York - San Francisco - London, Academic Press 1976

SACHS, L.: Angewandte Statistik. Berlin - Heidelberg - New York 1974

SALOMON, G.: Interaction of media, cognition, and learning. Jossey Bass, San Francisco 1979

SALTZ, E.: The cognitive basis of human learning. Homewood 1971

SALTZ, E./DONNENWERTH-NOLAN, S.: Does motoric imagery facilitate memory for sentences? A selective interference test. In: Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior 20 (1981), 322-332

SANDERS, A.F.: Psychologie der Informationsverarbeitung. Bern - Stuttgart - Wien 1971

SCHIERLE, U./STRÄHL, E.: Leichtathletik Lehrbildreihen: Jugendliche. Basel - Magglingen 1979

SCHMIDT, R.A.: A schema theory of discrete motor skill learning. In: Psychological Review 82 (1975), 225-260

SCHMIDT, R.A.: On the theoretical status of time in motor program representations. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 145-165

SCHMIDT, R.A.: Motor control and learning. A behavioral emphasis. Human Kinetics, Champaign, Ill. 1982

SCHMIDT, R.F.: Integrative Funktion des Zentralnervensystems. In: SCHMIDT, R.F./THEWS, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 20. Aufl. Berlin - Heidelberg - New York 1980, 158-190

SCHULZ, B.: Werbung: Leise zieht's durch mein Gemüt. In: Psychologie heute (1978)7, 36-41

SCHUMACHER, W./KORN, A.: Automatic evaluation of eye or head movements for visual information selection. In: GRONER, R./MENZ, CH./FISCHER, D.F./MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 31-42

SCHWEIZER, G.: Probleme und Methoden zur Untersuchung des Regelverhaltens des Menschen. Friedrichshafen 1968

SEEL, N.M./STRITTMATTER, P.: Strategien zum Erwerb geographischen Wissens und bildhafter räumlicher Vorstellungen. In: Unterrichtswissenschaft 12 (1984)1, 32-47

SHAPIRO, D.C.A.: A preliminary attempt to determine the duration of a motor program. In: LANDERS, D.M./CHRISTINA, R.W. (Hrsg.): Psychology of motor behavior and sport III. Human Kinetics, Champaign, Ill. 1977

SHAPIRO, D.C.A.: The learning of generalized motor programs. Dissertation, University of Southern California 1978

SHEA, J.B.: Effects of labeling on motor short-term memory. In: Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory 3 (1977), 92-99

SHEBILSKE, W.: Context effects and efferent factors in perception. In: PRINZ, W./SANDERS, A.F. (Hrsg.): Cognition and motor processes. Berlin - Heidelberg - New York 1984, 99-119

SHEBILSKE, W.L./FISCHER, D.F.: Understanding extended discourse through the eyes: How and why. In: GRONER, M./MENZ, CH./ FISCHER, D.F./MONTY, R.A. (Hrsg.): Eye movements and psychological functions: International views. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1983, 303-314

SMITH, J.L.: Programming of stereotyped limb movements by spinal generators. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 95-115

SMITH, E.E./SHOBEN, E.J./RIPS, L.J.: Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. In: Psychological Review 81 (1974), 214-241

SMITH, K.U./SMITH, W.M.: Perception and motion. An analysis of space-structured behavior. Saunders, Philadelphia - London 1962

STADLER, M./WINDHEUSER, A.: Untersuchungen über instruktionsinduzierte Denkstile. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 24 (1977)2, 334-351

STARK, L./ELLIS, S.R.: Scanpaths revisited: Cognitive models direct active looking. In: FISHER, D.F./MONTY, R.A./SENDERS, J.W. (Hrsg.): Eye movements: Cognition and visual perception. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1981

STELMACH, G.E./DIGGLES, V.A.: Control theories in motor behavior. In: Acta Psychologica 50 (1982), 83-105

STELMACH, G.E./LARISH, D.D.: Egocentric references in human limb orientation. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 167-184

STRÄHL, E.: Fehlerkorrektur in der Leichtathletik. In: Jugend und Sport 34 (1977)5, 144-168

STRÄHL, E.: Lehrbildreihen im sportmotorischen Lernprozess. In: Jugend und Sport 35 (1978)5, 155-159, 188

STRÄHL, E.: Educational picture series regarding the study of motion in sport. In: SCHILLING, G./BAUR, W. (Hrsg.): Audiovisuelle Medien im Sport. Basel 1980, 55-64

STRITTMATTER, P./SEEL, N.M.: Externe und interne Medien: Konzepte der Medienforschung. In: Unterrichtswissenschaft 12 (1984)1, 2-17

SÜLLWOLD, F.: Das unmittelbare Behalten und seine denkpsychologische Bedeutung. In: Handbuch der Psychologie. Göttingen 1964

SUSSMAN, H.M.: In: Psychological Bulletin 77 (1972), 262-272

TALBOTT, R.E.: Ferrier, the synergy concept, and the study of posture and movement. In: TALBOTT, R.E./HUMPHREY, D.R. (Hrsg.): Posture and movement. Raven Press, New York 1979

THALMAIER, A.: Zur kognitiven Bewältigung der optimalen Steuerung eines dynamischen Systems. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 26 (1979), 388-421

THOMAS, J.R.: Acquisition of motor skills: Information processing differences between children and adults. In: Research Quarterly for Exercise and Sport 51 (1980), 158-173

THORNDYKE, P.W./HAYES-ROTH, B.: The use of schemata in the acquisition and transfer of knowledge. In: Cognitive Psychology 11 (1979), 82-106

TIMPE, K.-P.: Systemtheoretische Analysen sensomotorischer Koordinationsvorgänge. Dissertation, Berlin 1969

TRÄNKLE, U./MÜLLER, C.: Informationsgestaltung in Text und Bild. Paper presented at the 26th Tagung experimentell arbeitender Psychologen. Nürnberg, 15.-19.4.1984

TRIANDIS, H.C.: Einstellungen und Einstellungsänderungen. Weinheim - Basel 1975

TULLER, B./TURVEY, M.T./FITCH, H.C.: The Bernstein perspective: II. The concept of muscle linkage or coordinative structure. In: KELSO, J.A.S. (Hrsg.): Human motor behavior: An introduction, Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1982, 253-279

TULVING, E./THOMSON, D.M.: Encoding specifity and retrieval processes in episodic memory. In: Psychological Review 80 (1973), 352-373

TURVEY, M.T.: Preliminaries to a theory of action with reference to vision. In: SHAW. R./BRANSFORD, J. (Hrsg.): Perceiving, acting and knowing: toward an ecological psychology. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1977

TURVEY, M.T./SHAW, R.E./MACE, W.: Issues in the theory of action: degrees of freedom, coordinative structures and coalitions. In: REQUIN, J. (Hrsg.): Attention and performance VII. Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1978

TVERSKY, B.: Eye fixations in prediction of recognition and recall. In: Memory and Cognition 2 (1974), 275-278

UNGERER, D.: Zur Theorie des sensomotorischen Lernens. 3. Aufl. Schorndorf 1977

VERNON, M.D.: Wahrnehmung und Erfahrung. Köln 1974

VIVIANI, P.: Coupling and uncoupling of segmented movements. Paper presented on the 2nd Conference "Generation and Modulation of Action Patterns" of the research group: "Perception and Action" at the Zentrum für interdisziplinäre Forschung (ZiF) Bielefeld. Bielefeld, 22.-26.10.1984

VIVIANI, P./TERZUOLO, C.: Space-time invariance in learned motor skills. In: STELMACH, G.E./REQUIN, J. (Hrsg.): Tutorials in motor behavior. North-Holland, Amsterdam 1980, 525-533

VOLGER, B.: Bewegungslernen als Prozeß der Informationsverarbeitung. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Oldenburg 1980

VOLPERT, W.: Sensumotorisches Lernen. Zur Theorie des Trainings in Industrie und Sport. In: ULICH, E. (Hrsg.): Schriftenreihe Training und Beanspruchung, Bd. 1. 2. Aufl. Frankfurt/M. 1973; Neudruck: Fachbuchhandlung für Psychologie, 3. Aufl. 1980

VOLPERT, W.: Handlungsstrukturanalyse als Beitrag zur Qualifikationsforschung. Köln 1974

VOLPERT, W.: Die Lohnarbeitswissenschaft und die Psychologie der Arbeitstätigkeit. In: GROSKURTH, P./VOLPERT, W.: Lohnarbeitspsychologie. Berufliche Sozialisation: Emanzipation zur Anpassung. Frankfurt/M. 1975, 11-196

VOLPERT, W.: Das Modell der hierarchisch-sequentiellen Handlungsorganisation. In: HACKER, W./VOLPERT, W./CRANACH, M.v. (Hrsg.): Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung. Bern 1983, 38-58

VOLPERT, W.: Maschinen-Handlungen und Handlungs-Modelle - ein Plädoyer gegen die Normierung des Handelns. In: Gestalt Theory 6 (1984)1, 70-100

VON EYE, D./VON EYE, A./HUSSY, W.: Zur Bedeutung der kognitiven Komplexität für die Einschätzung von semantischen Eigenschaften von Substantiven. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 27 (1980)4, 534-552

VURPILLOT, E.: The development of scanning strategies and their relation to visual differentation. In: Journal of Experimental Child Psychology 6 (1968), 632-650

WAGNER, A.: Experimentelle Untersuchung zum Gedächtnismodell der Informationspsychologie. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 9 (1968)4, 114-124

WAGNER, D.A.: Universals and culture-specifics in human memory: A cross-cultural test of memory models. In: Cognitive Psychology 10 (1978),

WALLACE, S.A.: The coding of location: A test of the target hypothesis. In: Journal of Motor Behavior 9 (1977), 157-169

WELTNER, K.: Informationstheorie und Erziehungswissenschaft. Quickborn 1970

WELTNER, K.: Kognitive Verlaufsfunktionen - Zum Abbau der subjektiven Information von regelhaften Zahlenfolgen und geometrischen Mustern. In: Grundlagenstudien aus Kybernetik und Geisteswissenschaft 18 (1977)3, 79-83

WICKELGREN, W.A.: Human learning and memory. In: Annual Review of Psychology 32 (1981), 21-52

WIDDEL, H.: Operational problems in analysing eye movements. In: GALE, A.G./JOHNSON, F. (Hrsg.): Theoretical and applied aspects of eye movement research. North-Holland, Amsterdam 1984, 21-29

WILLIAMS, H.G./TEMPLE, I.G./BATEMAN, N.J.: Perceptual-motor and cognitive learning in young children. In: LANDERS, D.M./CHRISTINA, R.W. (Hrsg.): Psychology of Motor Behavior and Sport - 1977. Human Kinetics, Champaign, Ill. 1978

WILLIMCZIK, K.: Forschungsmethoden in der Sportwissenschaft: Grundkurs Statistik. Frankfurt/M. 1975

WINDEKNECHT, zit. bei KÖRNDLE, H.: Zur kognitiven Steuerung des Bewegungslernens. Dissertation, Universität Oldenburg 1983, 132-134

WINN, W.: Associations to words, black-and-white pictures, and colour pictures. In: AV Communication Review 24 (1976), 273-293

WINTERHOFF, P.: Zum Zusammenhang von Blickbewegungen und sprachlich-kognitiven Prozessen - ein Überblick. In: Psychologische Rundschau 31 (1980)4, 261-276

WINTHER, K.T./THOMAS, J.R.: Developmental differences in children's labeling of movement. In: Journal of Motor Behavior 13 (1981)2, 77-90

WIPPICH, W.: Untersuchungen zur Wirksamkeit einer konstanten Darbietungsfolge bei verbaler und imaginaler Kodierung. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 25 (1978)3, 512-525

WIPPICH, W./BREDENKAMP, J.: Bildhaftigkeit und Lernen. Darmstadt 1979

WITT, D.: Blickverhalten und Erinnerung bei emotionaler Anzeigenwerbung - eine experimentelle Untersuchung mit der Methode der Blickaufzeichnung. Dissertation, Saarbrücken 1977

WITTLING, W.: Einführung in die Psychologie der Wahrnehmung. Hamburg 1976

WOODY, C.D.: Memory, learning and higher function. A cellular view. New York - Berlin - Heidelberg 1982

YARBUS, A.: Eye movements and vision. Plenum Press, New York 1967

ZIMMER, A.C.: Do we see what makes our script characteristic - or do we only feel it? Modes of sensory control in handwriting. In: Psychological Research 44 (1982a), 165-174

ZIMMER, A.C.: What makes the eye intelligent? A study on perceptual schemata. Manuscript submitted for publication, Münster 1982b

ZIMMER, A.C.: Stadien beim Erwerb komplexer Bewegungsmuster. In: Sportwissenschaft 13 (1983)3, 287-299

ZIMMER, A.C.: Schemageleitete Kontrolle motorischer Handlungen. In: LENK, H. (Hrsg.): Handlungstheorien - interdisziplinär, Bd. 3, 2. Halbbd. München 1984a, 652-658

ZIMMER, A.C.: A model for hierarchically ordered schema in the control of skilled motor action. Manuskript, Regensburg 1984b

ZIMMER, A.C.: The economy principle, perceptual mechanisms, and automated cognitive processes. Paper presented at Symposium on Gestalt Theory, Information Processing and Ecological Psychology. Manuskript, Regensburg 1984c

ZIMMER, H.D./ENGELKAMP, J./SIELOFF, U.: Motorische Gedächtniskomponenten als partiell unabhängige Komponenten des Engramms verbaler Handlungsbeschreibungen. In: Sprache und Kognition 1 (1984), 70-85

ZIMMERMANN, M.: Neurophysiologie sensorischer Systeme. In: SCHMIDT, R.F. (Hrsg.): Grundriß der Sinnesphysiologie. 2. Aufl. Berlin - Heidelberg - New York 1977, 37-93

ZINKE, M.: Zum Problem der Bewegungsvorstellung im Rahmen sensomotorischer Lernprozesse im Sport - Eine experimentelle Untersuchung. Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit, Freie Universität Berlin 1982

L E B E N S L A U F

11.11.1947	geboren als Sohn des Schneidermeisters Hugo Blischke und dessen Ehefrau Erna Blischke, geb. Hübner, in Billerbeck/Westf.;
1954 - 1958	Besuch der Katholischen Volksschule in Lette;
1958 - 1967	Besuch des Staatlichen Gymnasiums Coesfeld;
1964 - 1965	1jähriger Aufenthalt aus Austauschschüler in Breckenridge/Michigan, USA, mit Abschluß der High School;
04.07.1967	Abitur am Staatlichen Gymnasium Coesfeld;
1967 - 1974	Studium an der Freien Universität Berlin und der Kirchlichen Hochschule Berlin in den Fächern Leibeserziehung und evangelische Theologie;
13.09.1974	Abschluß des ersten (wissenschaftlichen) Staatsexamens für das höhere Lehramt (Wissenschaftliches Landesprüfungsamt Berlin);
06.09.1974 - 30.04.1976	nebenamtliche Lehrkraft am Insitut für Leibeserziehung (jetzt: Zentraleinrichtung Hochschulsport) der Technischen Universität Berlin;
09.12.1975 - 11.08.1977	schulpraktische Ausbildung als Studienreferendar (Senator für Schulwesen);
11.08.1977	Abschluß der zweiten Staatsprüfung für das Amt des Studienrats (Senator für Schulwesen);
01.04.1975 - 15.07.1977	Lehrbeauftragter für Seminar- und Projektveranstaltungen im Hauptstudium am Institut für Leibeserziehung sowie am Erziehungswissenschaftlichen Institut der Freien Universität Berlin;
01.10.1977 - 31.09.1982	wissenschaftlicher Assistent im Lehr- und Forschungsbereich "Bewegungs-/Trainingslehre" am Institut für Leibeserziehung und Sportmedizin (jetzt: Institut für Sportwissenschaft) der Freien Universität Berlin;
01.10.1982 - 30.09.1983	arbeitslos;
01.10.1983 - 31.12.1985	wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsvorhaben "Visuomotorisches Lernen", finanziert vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Köln), Privatdienstvertrag mit Prof. Dr. R. Daugs (Projektleiter).

Hiermit erkläre ich, daß ich diese Arbeit selbständig verfaßt habe und keine weiteren als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.